



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memoria Técnica

"SCADA para embarcaciones de recreo"

PFC presentado para optar al título de Ingeniero
Técnico Industrial especialidad en Electrónica Industrial
por **Jose Antonio Quintana Ruiz**

Barcelona, 15 de Junio de 2011

Codirectores proyecto: Robert Piqué López y Carlos Ruiz Moya
Departamento de Ingeniería Electrónica (EEL)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDICE MEMORIA TÉCNICA

ÍNDICE MEMORIA TÉCNICA.....	3
RESUMEN.....	7
RESUM.....	7
ABSTRACT.....	9
AGRADECIMIENTOS.....	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Objeto del proyecto.....	11
1.2. Motivación.....	11
1.3. Alcance del proyecto.....	12
1.4. Interacción con otros proyectos.....	12
1.4.1. Diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo.....	12
1.4.2. Sistema HVAC para embarcaciones de recreo.....	13
CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DE CONCEPCIÓN.....	15
2.1. Consideraciones iniciales.....	15
2.1.1. Definición de una embarcación de recreo.....	15
2.1.2. Características de dimensionado y de estructura.....	15
2.1.3. Características funcionales.....	16
2.1.4. Necesidad red de comunicaciones.....	17
2.1.5. Necesidad red de potencia eléctrica.....	19
2.2. Estado del arte.....	20

2.3.	Alternativas posibles.....	24
2.4.	Introducción a los sistemas SCADA.....	25
2.4.1.	Definición.....	25
2.4.2.	Procesar la información.....	26
2.4.3.	Funcionalidades.....	27
2.4.4.	Niveles de supervisión.....	28
2.4.5.	SCADA hardware.....	29
2.4.6.	SCADA software.....	29
CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DE DESARROLLO SOFTWARE.....		31
3.1.	Comparativa software.....	31
3.1.1.	ClearSCADA.....	31
3.1.2.	CX-Supervisor.....	33
3.1.3.	LabVIEW.....	34
3.1.4.	Comparativa.....	35
3.1.5.	Selección del software.....	37
3.2.	Funcionalidades con ClearSCADA.....	37
3.2.1.	Arquitectura abierta y flexible de libre desarrollo.....	37
3.2.2.	Conectividad con los equipos.....	38
3.2.3.	Supervisión remota de instalaciones y equipos.....	38
3.2.4.	Control remoto de instalaciones y equipos.....	39
3.2.5.	Procesamiento de datos.....	39
3.2.6.	Generación de alarmas.....	40
3.2.7.	Gestión de usuarios.....	42
3.2.8.	Almacenamiento de información histórica.....	42
3.2.9.	Generación de informes.....	42
3.2.10.	Programación de eventos.....	43
3.2.11.	Visualización gráfica dinámica.....	43
CAPÍTULO 4: INGENIERÍA DE DESARROLLO HARDWARE.....		45
4.1.	Sistemas a supervisar/controlar.....	45
4.1.1.	Procesadores digitales.....	45
4.1.2.	Motores de propulsión.....	46
4.1.3.	Navegación automática.....	47
4.1.4.	Joystick.....	48

4.1.5. Depósitos.....	49
4.1.6. Generador de electricidad.....	50
4.1.7. Tomas de corriente.....	51
4.1.8. Baterías.....	51
4.1.9. Cartas náuticas.....	52
4.1.10. Radar.....	53
4.1.11. Sonda náutica.....	54
4.1.12. Meteorología.....	55
4.1.13. Radio VHF.....	55
4.1.14. Climatización.....	56
4.1.15. Iluminación.....	57
4.2. Red de comunicaciones.....	58
4.2.1. Características.....	58
4.2.2. Protocolos.....	59
4.2.3. Equipos informáticos.....	63
4.2.4. Esquema de conexión.....	64
4.3. Red de potencia eléctrica.....	65
4.3.1. Características.....	65
4.3.2. Tensiones utilizadas.....	66
4.3.3. Distribución.....	66
CAPÍTULO 5: EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	67
5.1. Detalles sistemas desarrollados.....	67
5.1.1. Tomas de corriente.....	67
5.1.2. Iluminación.....	69
5.2. Diseño del entorno gráfico.....	70
5.2.1. Criterios de diseño.....	70
5.2.2. Características de los sistemas a supervisar/controlar.....	70
5.2.3. Características generales del entorno gráfico.....	72
5.2.4. Desarrollo del entorno gráfico.....	72
CAPÍTULO 6: CONSIDERACIONES FINALES.....	75
6.1. Conclusiones y posibles mejoras.....	75
6.2. Referencias consultadas.....	76

RESUMEN

En la actualidad, la mayor parte de las embarcaciones de recreo no gestionan la información de sus sistemas electrónicos, ni realizan un control de estos. Solo algunos sistemas privados realizan estas tareas.

Este proyecto desarrolla una primera versión de un sistema SCADA, solucionado la problemática actual, con tecnología estándar, para mejorar la seguridad y el confort de las embarcaciones de recreo.

Para ello, se comparan los diferentes software de sistemas SCADA, seleccionando ClearSCADA. Se estudia como resuelve las funcionalidades propias de un sistema SCADA y se seleccionan los sistemas que se desean supervisar y/o controlar, para poder determinar sus necesidades y problemas, aumentando así la seguridad y el confort. Además, se determina la red de comunicaciones que conecta los diferentes sistemas. Y para concluir, se desarrolla un ejemplo de aplicación en un entorno gráfico.

RESUM

En l'actualitat, la major part de les embarcacions d'esbarjo no gestionen la informació dels seus sistemes electrònics, ni realitzen un control d'aquests. Només alguns sistemes privats realitzen aquestes tasques.

Aquest projecte desenvolupa una primera versió d'un sistema SCADA, solucionat la problemàtica actual, amb tecnologia estàndard, per millorar la seguretat i el confort de les embarcacions d'esbarjo.

Per tant, es comparen els diferents software de sistemes SCADA, seleccionant ClearSCADA. S'estudia com resol les funcionalitats pròpies d'un sistema SCADA i es seleccionen els sistemes que es desitgen supervisar i/o controlar, per poder determinar les seves necessitats i problemes, augmentant així la seguretat i el confort. També, es determina la xarxa de comunicacions que connecta els diferents sistemes. I per concloure, es desenvolupa un exemple d'aplicació en un entorn gràfic.

ABSTRACT

Currently, the information from the electronic systems in the majority of the pleasure boats is not managed, nor are these systems controlled. Only a few private systems perform these tasks.

This project develops an initial version of a SCADA system, using standard technology, in order to solve this problem, to enhanced the security and comfort of pleasure boats.

A comparison is made between different SCADA systems software, finally selecting ClearSCADA. A study of its functionality is carried out and the systems that should be supervised and/or controlled are selected, specifying their functionality in order to increase the security and comfort. Furthermore, the communications network that interconnect the different systems is defined. And, finally, an example of a graphical application is developed.

AGRADECIMIENTOS

Primero, debo agradecer a mis codirectores de proyecto, Robert Piqué López y Carlos Ruiz Moya, por darme la oportunidad de realizar el proyecto que habían propuesto, que me ha permitido aprender conceptos nuevos complementando mis estudios adquiridos, así como el trato personal recibido, sus consejos y la libertad para su desarrollo.

También agradecer a los compañeros de los proyectos con los que se ha colaborado, Eduard Joaquim Reig Viader, Juan Carlos Salvador Lucenilla y Carlos Cortés Quintana, por sus ideas expresadas, su colaboración y su tiempo a lo largo de estos meses, que me ha permitido realizar un estudio más profundo.

Y por supuesto, a título personal, agradecer a todas las personas más cercanas a mí, que en los momentos más difíciles y con mayor cantidad de trabajo, me han transmitido apoyo para superarlos.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del proyecto

El objeto del Proyecto de Fin de Carrera [PFC o Proyecto] es acreditar de forma global la formación adquirida en la Escuela, que justifique la obtención del título de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad Electrónica Industrial. Se trata del desarrollo de un trabajo personal, de profundización y de síntesis dentro del ámbito de conocimientos de los estudios realizados.

A fin de mejorar la seguridad y el confort de las embarcaciones de recreo, se desarrolla una primera versión de un sistema SCADA, con tecnologías estándar. Diseñado para realizar un control supervisor y adquisición de datos de una embarcación de recreo.

1.2. Motivación

El motivo de este proyecto es superar el PFC, requisito imprescindible para obtener el título de Ingeniero Técnico Industrial, especializado en Electrónica Industrial.

Este proyecto es muy interesante, gracias a que el sector náutico es muy selecto y muchas veces desconocido. Plantear soluciones, con conceptos diferentes a los aprendidos hasta ahora, permite poder complementar en muchos aspectos la formación adquirida como estudiante.

Además, permite enfrentarse a un trabajo complejo, diferente, de gran importancia, con grandes retos y mejoras. Teniendo en cuenta que las embarcaciones navegan de forma solitaria, se tienen que conocer sus necesidades y los sistemas que ayuden a solventarlas de una manera segura y confortable, para poder plantear soluciones a las problemáticas actuales.

1.3. Alcance del proyecto

Para concebir este proyecto, se determinan el tipo de embarcaciones objeto del proyecto, analizando sus necesidades en cuanto a seguridad y confort, e introduciendo los sistemas electrónicos que ayudan a solventarlas.

A continuación se estudia el estado actual, mencionando las alternativas que están aportando las empresas náuticas e informando de la problemática que presentan, para justificar la nueva alternativa propuesta, se introduce un sistema SCADA.

Para el desarrollo del proyecto, se comparan los diferentes software de sistemas SCADA que se encuentran en el sector de la automatización industrial. Como resultado se selecciona ClearSCADA, estudiando como resolver las funcionalidades propias de este, y se introducen los sistemas electrónicos seleccionados que se desean supervisar y/o controlar, reflexionando sobre sus necesidades y determinando sus peligros para aumentar la seguridad y el confort en la embarcación de recreo.

Además, se determina la red de comunicaciones que conecta los equipos electrónicos, planteado la problemática que hay con los protocolos. Y se mencionan las conclusiones realizadas por el proyecto "Diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo", para la alimentación eléctrica de los equipos.

Aplicando este desarrollo en un ejemplo de aplicación en un entorno gráfico, para mostrar parte del potencial que ofrece un sistema SCADA.

1.4. Interacción con otros proyectos

Durante el desarrollo de este proyecto se esta trabajando de forma simultánea con dos proyectos, para realizar un estudio más profundo de las embarcaciones de recreo. Aunque cada proyecto esta centrado en una temática concreta, se tiene en consideración aspectos de los otros proyectos.

1.4.1. Diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo

En el presente proyecto se realiza una propuesta de arquitectura de la instalación eléctrica para embarcaciones de recreo con eslora comprendida entre 15 y 24 m, junto con su protocolo de dimensionado.

Debido al gran avance tecnológico en los últimos años, la potencia y los receptores eléctricos instalados en este tipo de embarcaciones han experimentado un aumento considerable. Contrariamente, la instalación eléctrica se ha quedado estancada en el tiempo sin sufrir grandes modificaciones. Esto ha derivado en instalaciones con una masiva utilización del cableado, resultando redes problemáticas para cualquier reparación o modificación.

Mediante la utilización de la arquitectura y el protocolo se consigue la sectorización de la instalación eléctrica, mejorando la diagnosis y reparación de averías, así como una reducción del número de conductores y paramenta necesaria para la gestión de la energía a bordo.

Este proyecto se ha realizado de en coordinación con otros dos, con el desarrollo de un sistema de climatización y SCADA para este tipo de embarcaciones.

Proyecto realizado por Carlos Cortés Quintana y Juan Carlos Salvador Lucenilla.

1.4.2. Sistema HVAC para embarcaciones de recreo

El presente proyecto, consiste en el diseño y cálculo de un sistema HVAC para embarcaciones de recreo, de dimensiones comprendidas entre 15 y 24 m de eslora, que navegaran por la mar Mediterránea.

Su intención, es aportar una solución general exportable a toda la gama de dimensiones estipulada y garantizar en cada una de ellas el acondicionamiento del aire, con unas condiciones térmicas y de confort óptimas.

Para ello primero se ha elaborado un estudio de las embarcaciones, con la finalidad de comprender a la perfección las características y peculiaridades de estas.

Se ha calculado el rango de exigencias térmicas, correspondientes a unas características estructurales y constructivas, máximas y mínimas estimadas.

Y para concluir, se ha escogido y dimensionado el sistema que mejor se adapta, teniendo en cuenta las características particulares estudiadas, y se ha hecho una estimación aproximada del coste económico y energético de la instalación.

Proyecto realizado por Eduard Joaquim Reig Viader.

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DE CONCEPCIÓN

2.1. Consideraciones iniciales

Para introducir el tipo de embarcaciones objeto del proyecto, hay que tener en consideración los siguientes aspectos:

2.1.1. Definición de una embarcación de recreo

En primer lugar, es necesario definir el concepto de embarcaciones de recreo.

Según el artículo 2.1 del RD 1434/1999, del 10 de septiembre, se consideran embarcaciones de recreo aquellas de todo tipo, con independencia del medio de propulsión, que tengan eslora de casco comprendida entre 2,5 y 24 m, proyectadas y destinadas para fines recreativos y deportivos, y que no transporten más de 12 pasajeros.

Esta definición es corroborada por el RD 2127/2004, del 29 de octubre, en su artículo 3.a, ampliando su ámbito a su utilización con fines de lucro (arrendamientos) o con fines de entretenimiento para la navegación de recreo.

Las embarcaciones de recreo no pueden realizar actividades de transporte de cargas o de pasajeros, ni de pesca no deportiva, es decir comercial.

2.1.2. Características de dimensionado y de estructura

Como objeto de trabajo de este proyecto, se están dimensionando embarcaciones de recreo a motor, con longitud desde la proa hasta la popa (eslora) entre 15 y 24 metros (aprox. de 50 a 80 pies), y la parte más ancha del barco, de estribor a babor (manga) se considera entre 4 y 6 metros.

La eslora mínima se establece en 15 metros, ya que las embarcaciones de menor eslora se utilizan para trayectos cortos de poca duración. Tienen el depósito de combustible pequeño, estructura reducida y su bajo precio limita mucho sus accesorios.

Las embarcaciones se tienden a distribuir como en una vivienda. Tienen una cubierta inferior con 2/3/4 habitaciones (camarotes) y 2/3/4 baños, con estructura muy reducida, ya que comparten el espacio con la sala de máquinas,

donde se encuentran los motores de propulsión, los generadores, los depósitos de combustible, agua potable y aguas residuales. Todos estos espacios hacen que la estructura tenga que aprovecharse al máximo. Por esto, se hace necesario reducir y organizar el cableado de potencia, de datos y los equipos electrónicos.



Figura 1. Nombres de dimensionado y estructura de la embarcación.

La cubierta principal también está aprovechada, pero los espacios son más amplios, con zona para la navegación y comedor-cocina con salida directa a una pequeña terraza de popa. Además, se utiliza la proa como zona de descanso donde poder estar tumbado o sentado, pudiendo acceder a ella por unos pasillos laterales.

Sobre la cubierta principal, se encuentra una estructura denominada *flybridge*, que eleva a otra planta la embarcación, proporcionando un espacio abierto con otra zona para la navegación y el descanso.

2.1.3. Características funcionales

Las embarcaciones de recreo están pensadas para navegar durante pocos días, ya que sus recursos son limitados, necesitando ir a puerto para abastecerlas de forma regular. Dicho esto, se pueden distinguir tres situaciones muy distintas a las que se ven expuestas: navegando, ancladas y en puerto.

Navegando, se tienen que gestionar todos los equipos electrónicos para su seguridad y confort, informando al capitán de los posibles riesgos que se puedan producir, también están conectadas las redes de potencia eléctrica, para ello es necesario un grupo electrógeno y baterías eléctricas. Las embarcaciones estarán sometidas a duras condiciones climatológicas y al continuo oleaje, por lo tanto, los equipos tienen que ser resistentes a golpes, a la corrosión salina y al agua.

Ancladas fuera del puerto, necesitan los equipos electrónicos y las redes de potencia eléctrica, igual que en la navegación, pero en este caso se tienen parados los motores de propulsión sin crear consumo de combustible.

En puerto, las embarcaciones para abastecerse están conectadas a las redes de energía eléctrica y agua del puerto, así que se podrán prescindir de los grupos

electrógenos y dispondrán de la oportunidad de llenar el depósito de combustible. Cuando están bien amarradas y con los motores parados, la mayoría de los equipos electrónicos no son necesarios, se puede prescindir de ellos, dejando de informar al capitán.

2.1.4. Necesidad red de comunicaciones

Las embarcaciones de recreo necesitan disponer de equipos electrónicos que mejoren la seguridad y el confort de las personas a bordo. Crear embarcaciones seguras implica prestar especial atención a la información que proporcionan estos equipos, ya que si se conoce a tiempo puede prevenir riesgos, para evitar accidentes. Como son muchos los equipos electrónicos que se pueden instalar, se genera una gran cantidad de cableado para conectarlos, haciéndose necesaria una red de comunicaciones, para gestionar esta información y poder mostrarla al capitán a bordo en una pantalla.

Para su clasificación, se definen varias consideraciones propias de las embarcaciones de recreo y se introducen los equipos electrónicos necesarios para solucionarlas.

1. *Movilidad*: Los barcos están hechos para navegar, por lo que necesitan motor de propulsión, este se considera la parte más importante de la embarcación. Por este motivo, las embarcaciones de más de 15 metros de eslora disponen de dos motores, en el caso de que un motor se estropease se podría seguir navegando con el otro, además tener dos motores facilita mucho las maniobras en distancias cortas.
 - a) Es muy importante conocer los datos de los motores para que no se estropeen, evitando que se complique la navegación, o peor aun, no poder regresar a puerto.
 - b) En este tipo de embarcaciones, es muy normal encontrar un piloto automático, que gobierne los motores siguiendo el trayecto marcado. Aunque por seguridad se suele utilizar solo en aguas tranquilas sin obstáculos próximos.
 - c) También se puede instalar un *Joystick* para el control de los motores, permitiendo hacer pequeñas maniobras con la embarcación, muy útil para moverse por el puerto y poder atracar de forma más sencilla.
2. *Recursos limitados navegando*: Los depósitos tienen una capacidad limitada. Los barcos están hechos para navegar, esto crea un consumo de combustible que se debe conocer, para saber el disponible en todo momento. Necesitando ir a puerto de forma regular para abastecerse de combustible, energía eléctrica, agua e incluso alimentos.
 - a) Los sensores de nivel, son muy importantes para conocer el estado del combustible, para evitar naufragar. También es interesante conocer los niveles de los depósitos de aguas limpias, grises y negras.
 - b) Con un voltímetro se informa del estado de las baterías, calculando su carga y asegurando su funcionamiento.

3. *Rutas no definidas:* En el mar no se encuentran carreteras ni señalizaciones, teniendo que hacer el propio camino. Los sistemas que ayuden a crear las travesías son importantes para hacerlas más seguras y precisa.
 - a) El GPS (*Global Positioning System*) es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar la posición de la embarcación en todo el mundo, con unos pocos metros de error.
 - b) Esta posición, se sitúa en las Cartas náuticas, que son una representación a escala de aguas navegables y regiones terrestres adjuntas. Indican las profundidades del agua y las alturas del terreno, naturaleza del fondo, detalles de la costa, incluyendo puertos, peligros para la navegación, localización de las luces de referencia y otras ayudas a la navegación.
4. *Visibilidad limitada:* Cuando se navega es difícil ver todo lo que hay alrededor, una embarcación cercana, una roca e incluso la costa, y más en condiciones extremas como niebla o lluvia. Por lo que es importante disponer de buenos sistemas electrónicos que guíen tanto para ver como para ser visto, incluyendo la comunicación por radio VHF. Los nombrados a continuación no son sustitutos unos de otros, sino que se complementan para incrementar la seguridad de la embarcación.
 - a) El radar, permite detectar y medir grandes distancias por señales de radio, consiguiendo así hacerse una idea de los objetos que hay en los alrededores del barco.
 - b) El Sistema de Identificación Automática (AIS) tiene como objetivo principal permitir a los barcos comunicar su posición y otras informaciones relevantes como rumbo o velocidad, y detectar a otros barcos que lo tengan instalado, para evitar colisiones.
 - c) Además, la Radio VHF, proporciona la comunicación directa con las personas cercanas que también dispongan de ella.
5. *Confort:* Las personas pasarán cierto tiempo en la embarcación, por eso, esta les tiene que facilitar las necesidades básicas. Ya sea de alimentación, higiene o descanso. Disponiendo de equipos de refrigeración de alimentos, equipos para su preparación, baños completos con retrete, lavabo y ducha, incluso tiene que proporcionar espacios donde poder sentarse o tumbarse, pudiendo estar aclimatados.
 - a) Estos electrodomésticos, crean unos grandes consumos eléctricos, que necesitan de una gestión energética para optimizarla. Priorizando unos ante otros, se pueden disminuir los consumos máximos instantáneos, consiguiendo así reducir la potencia que generan los grupos electrógenos y la sección de los cables de la red de potencia eléctrica.
 - b) Poder regular de manera cómoda el control de las temperaturas de los habitáculos, puede mejorar la estancia de los ocupantes.
 - c) También se puede tener un control de la iluminación permitiendo así asegurar su estado y no crear consumos innecesarios.

- d) Incluso podría disponer de televisión satélite para entretener a los tripulantes.
6. *Otros aspectos de recreo*: Como se trata de una embarcación de recreo, puede interesar conocer aspectos deportivos. Muchos de los navegantes están interesados en conocer la fauna que hay, para pescar y bucear, o saber si pueden anclar su embarcación en un lugar que no conocen.
- a) El sensor de profundidad informa de la distancia que hay al objeto más cercano situado bajo la embarcación.
 - b) La sonda náutica genera una continua medición, fijada perpendicular a la embarcación, proporcionando una imagen del fondo marino, pudiendo interpretar el terreno, e incluso peces.
 - c) En embarcaciones con fines de pesca, se emplea el sonar, que a diferencia de la sonda náutica, se puede dirigir la medición, pudiendo así seguir bancos de peces. Este equipo se descarta por la definición de embarcación de recreo.

También hay que tener en cuenta, las duras condiciones a las que se ven sometidos los equipos. El continuo movimiento del oleaje provoca constantes golpes en la embarcación y numerosas entradas de agua. Es muy importante que los equipos sean robustos y tengan un elevado grado de protección IP al agua.

2.1.5. Necesidad red de potencia eléctrica

Todos los equipos nombrados en el apartado anterior necesitan alimentación eléctrica para poder funcionar, con tensión continua entre 10 y 35 voltios. Como están repartidos por toda la embarcación, es necesario disponer de una red eléctrica que distribuya esta tensión continua. Las baterías son las que proporcionaran la tensión continua en la embarcación.

Por otro lado se encuentran otros aparatos eléctricos que necesitan alimentación eléctrica, destinados al ámbito del confort:

- Alimentación: nevera, horno, cocina eléctrica o microondas.
- Higiene: lavadora, lavaplatos, calentador de agua o secador.
- Descanso y ocio: climatización, audio, TV u ordenador portátil.

Y teniendo en cuenta otros aparatos eléctricos que necesitan ser alimentados, como pueden ser: la hélice de proa, el *winch* del ancla, la pasarela automática de acceso a la embarcación y cualquier equipo que quiera ser enchufado dentro de la embarcación. Así que necesita otra red eléctrica, pero en este caso de tensión alterna monofásica como en una vivienda, 230 V_{RMS} a 50 Hz. Esta se tiene que generar con grupos electrógenos que proporcionan la energía eléctrica instantánea en la embarcación y acumulan energía en las baterías a través del cargador de baterías.

Para una misma potencia consumida, cuanto mayor sea la tensión, menor serán las corrientes que circulan por los cables, por lo tanto se podrá reducir el grosor del cable y en consecuencia su peso.

El mayor consumo de potencia eléctrica lo realiza el confort de la embarcación, que es muy importante para la comodidad de las personas, así que se deben gestionar los consumos energéticos para optimizar las instalaciones.

Poder gestionar este confort de una manera sencilla y eficiente, desde la pantalla de un ordenador, lo hace aumentar mucho y aporta un gran valor añadido a la embarcación.

2.2. Estado del arte

Este estudio del estado actual de las embarcaciones de recreo, se centra en la gestión de la información de los equipos electrónicos y en la gestión energética de la red de potencia eléctrica.

En primer lugar, la mayoría de las embarcaciones de recreo solo disponen de equipos electrónicos aislados, que realizan una función concreta, desarrollados por muchas empresas. Cada equipo tiene sus propios cables, aunque estos tengan que cruzar de proa a popa, esto crea numerosos cables de potencia y datos que recorren toda la embarcación y no existe comunicación alguna entre los diferentes equipos.

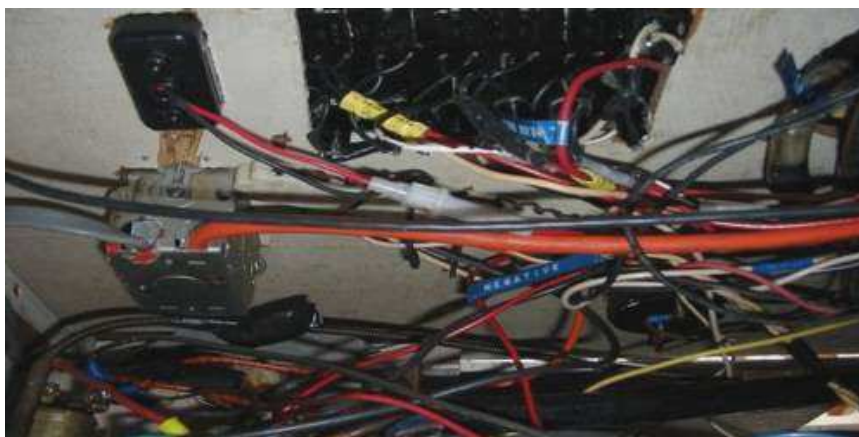


Figura 2. Mucho cableado desorganizado, de www.fondear.org

Además, apenas se contempla la gestión energética, que permita optimizar la instalación, se tiende a sobredimensionarla, utilizando grupos electrógenos que pueden dar mucha potencia, pero trabajan con muy poca.

En las embarcaciones más costosas, desde hace pocos años, ya se pueden ver potentes monitores multifunción, donde visualizar la mayoría de los equipos electrónicos de la embarcación: radar, cartas de navegación, sonda náutica, sonar, AIS, meteorología y datos del motor. Como si fuesen ordenadores de a bordo pero sin ningún tipo de control, solo reciben la información de los equipos y la monitorizan en una pantalla. Están desarrollados por unas pocas empresas, Raymarine, Furuno, Garmin, Navico o Geonav, cada una permite conectar solo sus propios equipos y esta monitorización solo puede ser desarrollada por la misma empresa, teniendo el usuario que adaptarse a lo que la empresa decida desarrollar.

Estos son algunos ejemplos:

- Raymarine tiene un software de monitorización para sus equipos de la serie G. Pudiendo visualizar en un mismo monitor el radar, sonda náutica, sonar, cartas de navegación, AIS, meteorología y datos del motor. Con un único entorno gráfico definido por ellos, sin posibilidad de adaptarse a la embarcación para controlarla.



Figura 3. Serie G de Raymarine.

- Garmin también dispone de "BlueChart", un software de monitoreo solo de sus equipos, que tampoco permite ser desarrollado con acciones de control.



Figura 4. BlueChart de Garmin.

- Furuno por su parte tiene el software "NAVnet MaxSEA", que como los anteriores permite monitorizar los equipos de la propia marca y no permite ser desarrollado.

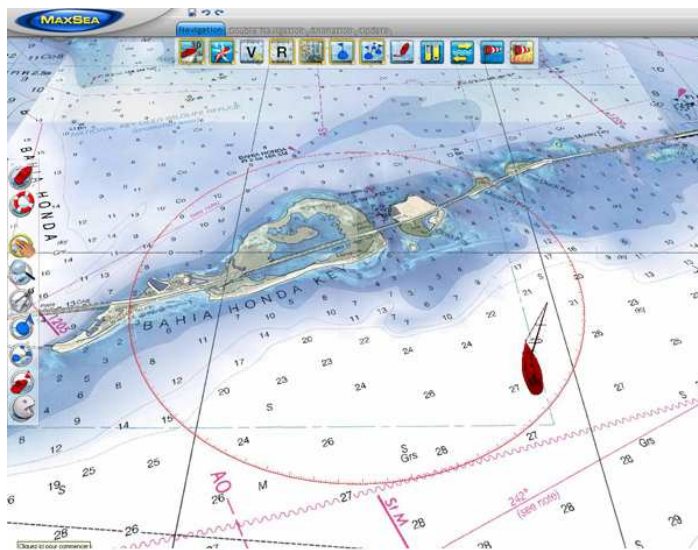


Figura 5. NAVnet MaxSEA de Furuno.

Estas empresas consiguen disminuir el número de cables de datos para comunicar los equipos entre si, pero apenas contemplan la reducción de los cables de potencia eléctrica.

Primero, cada empresa empezó a diseñar sus propios protocolos de conexión entre equipos, pero se dieron cuenta de que era muy costoso. Así que, desde hace unos años, todas utilizan Ethernet como protocolo estándar para la red principal, aunque codifican los paquetes de sus datos privatizándola. Para las redes secundarias utilizan los protocolos privados NMEA2000 y NMEA0183, estos protocolos permiten la comunicación entre varios equipos de diferentes empresas, utilizando lo que se denomina *plug&play*, es decir, se puede conectar un aparato a la red y es reconocido de forma automática si utiliza alguno de estos protocolos de comunicación.

Ethernet se utiliza para la red principal, conectando los equipos con gran transmisión de datos, como es el radar, sonar o sonda náutica, y NMEA se utiliza para las redes secundarias conectando los equipos con poca transmisión de datos y los aparatos de instrumentación. Todas utilizan cableado estándar tipo Ethernet y NMEA. Hay que remarcar que estos monitores multifunción no contemplan la gestión energética de la red de potencia eléctrica.

Y por último, destacar, que se está empezando a implementar algún modelo de embarcación automatizada, como lo hace Maretron con el software "N2KView" y Palladum Technologies con "SIMON2". Permitiendo la gestión energética: controlan la luminaria, las tomas de corriente, el encendido y apagado de los sistemas. Además, también monitorizan los datos de los motores, depósitos, baterías y algunos datos concretos de navegación. Todo esto con una buena generación de alarmas que ayuda a aumentar la seguridad de la embarcación. Por lo contrario, no están conectados a los equipos electrónicos como son el radar o la sonda náutica, ni incluyen cartas de navegación.

- Maretron ofrece el software libre "N2KBuilder" para el desarrollo a medida de la embarcación, permitiendo determinar los sistemas que se encuentran en la embarcación, y poder así visualizarlos en un monitor con el software "N2KView". Pero esta limitado a la utilización de una red NMEA 2000 y ofrece un entorno gráfico muy cargado y oscuro, con menús de difícil acceso y sin poderlo modificar.



Figura 6. N2KView de Maretron

- En cambio, Palladum Technologies tiene el software privado "SIMON2" diseñado para un entorno Apple, pudiendo ser desarrollo a medida solo por la propia empresa, pero ofreciendo un entorno gráfico muy atractivo, con un menú de fácil acceso y animaciones.



Figura 7. SIMON² de Palladum Technologies.

Resumiendo la problemática principal:

- Muchos equipos electrónicos aislados.
- Mucho cableado de potencia y datos.
- No hay comunicación entre los diferentes equipos.
- Soluciones de monitorización de los equipos de navegación sin control de la embarcación.
- Primeras soluciones de control sin equipos de navegación.
- No se da la posibilidad de desarrollo a medida por terceros.
- No se contempla la optimización energética.

2.3. Alternativas posibles

La tendencia actual aportada por las principales empresas del sector náutico, plantea la primera alternativa. Comunicando los equipos aislados, por redes de comunicaciones, minimizando y organizando el cableado de datos, pero no contempla hacer lo mismo con el cableado de potencia, que también se debería unificar para reducirlo. Este estudio lo realizará uno de los proyectos con los que se está trabajando (Diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo). Estas empresas están utilizando Ethernet como protocolo de la red principal, pero codifican sus datos para protegerlos y utilizan los protocolos privados NMEA2000 y NMEA0183 para conectar gran parte de los equipos a esta red. Estos protocolos privados suponen un gasto para las empresas que desarrollan los equipos, aunque ya hace años que se utilizan y se pueden encontrar en casi todas las empresas de diseño de equipos náuticos, pero se están empezando a utilizar protocolos libres tipo CANbus.

Otra alternativa plantea los primeros modelos de embarcaciones automatizadas. Utilizando un control energético que controla el encendido y apagado de las luces de la embarcación, las tomas de corriente, los equipos, el estado del motor y de los depósitos. Pero no contempla la optimización energética, como podría ser el orden de prioridad de los electrodomésticos, para que no se conecten todos a la vez y poder así utilizar cableado con una sección más pequeña y grupos electrógenos de menor potencia.

En la actualidad se están sobredimensionando las instalaciones y los grupos electrógenos suministran a cargas ligeras, pudiendo causarle daños al motor, lo que reduce su fiabilidad. Además, no se aprovecha la capacidad total de generación, se asume un coste excesivo de inversión, y un bajo rendimiento del combustible a quemar, encarece el kW de electricidad generado. Esto se puede conseguir con sensores de corriente que detecten los consumos de los aparatos, para determinar un orden de preferencia entre ellos, por ejemplo, si se está utilizando la lavadora y se enciende el horno de inducción, se cortará el suministro eléctrico a la lavadora, para que solo este funcionando el horno.

Hasta ahora se están planteando alternativas para la gestión de datos y la gestión energética por separado, con la última alternativa propuesta se intentan

unificar estas dos gestiones. Esto se puede conseguir con un sistema SCADA, capaz de integrar la información que proporcionan los diferentes equipos electrónicos para poder analizar los datos, y así valorar si hay que generar alarmas, informes o gráficos históricos, mejorando la seguridad de la embarcación, y a su vez, es capaz controlar los diferentes sistemas de climatización, electrodomésticos, iluminación u otros susceptibles de ser controlados.

Un software de sistemas SCADA, permite desarrollar el sistema a medida de la embarcación donde se va a utilizar y se podrán realizar modificaciones, permitiendo así poder adaptarse a los futuros cambios que se puedan crear en la embarcación de recreo. Esto proporciona un sistema abierto a nuevas tecnologías y equipos, proporcionando una mayor durabilidad al sistema, con una fácil modificación de los mecanismos de control, o incluso mejoras en futuras implicaciones energéticas a las que se podría ver expuesta la embarcación, como pueden ser las energías renovables.

Se pueden encontrar en el mercado numerosos recursos para este proyecto. Por un lado, el sector de la automatización, formado por empresas muy importantes como: Siemens, Omron, National Instruments, GE Intelligent Platforms, Schneider Electric o ABB, todas ellas proporcionan una gran variedad de software SCADA y equipos de automatización. Por otra parte, el sector náutico, dispone de empresas que proporcionan una gran variedad de equipos electrónicos necesarios para una embarcación de recreo, las empresas más importantes son: Raymarine, Furuno, Garmin, Navico o Geonav, algunas proporcionan los cables de datos y los equipos de gestión informática, aunque también se pueden obtener del sector informático. En definitiva, hay que escoger de cada sector lo que más convenga para el sistema SCADA de la embarcación de recreo.

2.4. Introducción a los sistemas SCADA

Se escoge como alternativa a desarrollar, crear un sistema SCADA que contemple tanto la gestión energética como la gestión de la información, ya que el objetivo principal del proyecto es mejorar la seguridad y el confort de la embarcación, con tecnologías estándar de libre desarrollo.

2.4.1. Definición

Se trata de adquirir los datos de la embarcación y disponer de un control automatizado con la mínima supervisión humana, gracias a un programa adecuado para las necesidades del sistema a controlar.

SCADA, acrónimo de *Supervisory Control And Data Acquisition* (Control Supervisor y Adquisición de Datos), es una aplicación software diseñada para funcionar en ordenadores sobre una actividad de control de sistemas. Proporciona comunicación con los equipos, los supervisa y controla desde la pantalla del ordenador y representa la información de forma visual por pantalla, para tener informada a la persona supervisora, pudiendo incluso generar alarmas, informes o gráficos históricos.

2.4.2. Procesar la información

Aplicar un sistema SCADA en una embarcación de recreo necesita de bloques específicos para conseguir adquirir los datos y realizar las acciones de control para su correcto funcionamiento. Es necesario adquirir la información de las entradas, para poder generar las acciones de control. Esto se consigue mediante sensores que obtienen la información y actuadores que ejecutan las acciones.

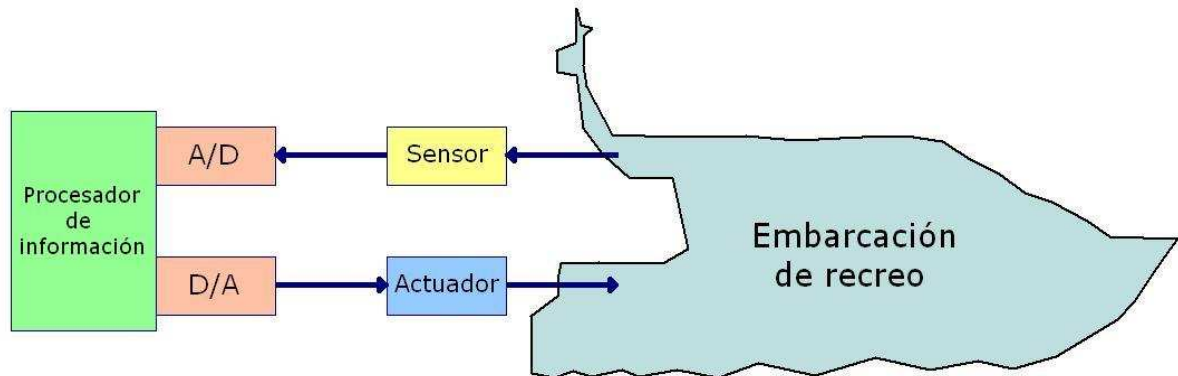


Figura 8. Proceso básico de la información.

El procesador de información es un sistema digital basado en un procesador o microprocesador que posee una programación hardware y software para tratar la información. Los sensores y actuadores trabajan con señales analógicas, así que para comunicarse con un sistema digital se necesita un conversor analógico/digital a su entrada y otro digital/analógico en la salida. Como todo sistema basado en procesador programable, también necesita una memoria donde almacenar los datos con los que trabajará y el programa que ejecutará. Es necesario que estén conectados a la red de comunicación, para poder comunicar con el ordenador principal, por esto tienen que codifican la información para poder transmitirla por el protocolo utilizado.

Como se puede apreciar en la figura 8, los sensores obtienen la información de la embarcación, y también de sus alrededores, son los encargados de medir la magnitud física y convertirla en una señal eléctrica que pueda ser interpretada. Estas señales eléctricas son señales analógicas (tensiones o corrientes), que hay que digitalizarlas para poder procesarlas y tratarlas por computador, esto se consigue con convertidores analógico/digital (A/D) encargados de traducir estas señales analógicas a señales digitales, para que puedan ser interpretadas por el procesador. Pero primero, la señal del sensor tiene que ser acondicionada para poder estar en los rangos de tensiones y corrientes aceptados por el conversor A/D.

Para realizar las acciones de control deseadas, se realiza el proceso inverso. Se parte de la señal digital que el procesador ordena ejecutar, pasándola a una señal analógica con un conversor digital/analógico (D/A) y mediante un actuador se ejecuta la acción. Hay dos maneras de realizar la acción de control, en lazo abierto y en lazo cerrado, la diferencia es que en lazo cerrado se mide con un sensor la señal de salida y se compara con la señal de control para ver si ha tenido el efecto deseado, en cambio, en lazo abierto no se utiliza sensor, y no se sabe si se ha realizado la acción como se deseaba.

Esta información se puede obtener de muchas maneras, dependiendo del tipo de sistema, los procesadores de la información están diseñados para adaptarse a las diferentes características de los sistemas, para poder así garantizar la fiabilidad de los datos y las acciones, en el tiempo deseado.

Estos son algunos de los utilizados:

- a) *Controladores lógicos programables (PLC)*: Programados con una lógica básica que se encargan de ejecutar las órdenes del PC servidor. En caso de fallo del PC servidor seguirían funcionando asegurando la seguridad de la embarcación. Se puede modificar su funcionamiento sin necesidad de modificar el cableado.
- b) *Microcontroladores*: Se definen unas variables almacenadas en una memoria, que son ejecutadas por un programa que las modifica según sus entradas y salidas. Utilizan buses de información y periféricos para comunicar con el exterior.
- c) *Procesadores digitales en tiempo discreto (DSP)*: Adecuados para el control en tiempo real, utilizando operaciones complejas.
- d) *Unidades de control especializado (ECU)*: Son centralitas electrónica programadas especialmente para un sistema concreto, pudiendo tomar decisiones de control, según la información que el entorno le proporcionada por los sensores.
- e) *Circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC)*: Circuitos integrados diseñados a la medida para resolver un uso en particular.
- f) *Field Programmable Gate Array (FPGA)*: Muy parecidas a las ASIC, pero pueden ser reprogramadas. Utilizadas para un sistema que puede presentar cambios, y en pequeñas cantidades son mucho más económicas.
- g) *Sistem on Chip (SoC)*: Integrando gran parte de los módulos en un único circuito integrado.

Para las acciones de control general se utilizan los PLC, capaces de controlar por si mismos, ya que incorporan una programación lógica, esto es muy importante por si deja de funcionar la comunicación con el ordenador principal. Además, son fáciles de reprogramar, adaptándose a modificaciones futuras. En cambio, para controles muy específicos, como puede ser el del motor de propulsión, se utilizan ECUs. En la adquisición de los datos, pasa algo parecido, se puede utilizar el PLC para casos generales, pero en aplicaciones especiales o con unas características complejas se tienen que utilizar otros más concretos.

2.4.3. Funcionalidades

Se considera que un sistema SCADA tiene que cumplir las siguientes funcionalidades o posibilidades específicas:

1. *Arquitectura abierta y flexible de libre desarrollo*: Uno de los principales aspectos que se quiere remarcar en este proyecto es que tiene que ser un

sistema capaz de adaptarse de forma fácil a cambios, futuras ampliaciones, embarcaciones muy diferentes e incluso a los diferentes gustos y preferencias de los posibles capitanes que lo quieran utilizar.

2. *Conectividad con los equipos:* Para poder obtener la información que proporcionan los equipos electrónicos, es necesario conectarlos para poder formar el sistema SCADA. Una red de comunicaciones permite esta conexión con el mínimo cableado posible.
3. *Supervisión remota de instalaciones y equipos:* Permite al operador conocer el estado de las instalaciones y los equipos de la embarcación. Esto permite dirigir las tareas de mantenimiento y establecer estadísticas de los fallos.
4. *Control remoto de instalaciones y equipos:* Mediante el SCADA se puede activar o desactivar los equipos a distancia desde la pantalla del ordenador, pudiendo encender los motores, activar luces o controlar la temperatura. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia o algoritmos de control. Todo de una forma cómoda desde el ordenador.
5. *Procesamiento de datos:* El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información más fiable y segura.
6. *Generación de alarmas:* A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a un fallo, o en presencia de una situación no deseada, o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como acústicas. Y si se conocen a tiempo, pueden prevenir riesgos, para evitar accidentes.
7. *Almacenamiento de información histórica:* De forma automática, cada cierto tiempo o por sucesos, se irán almacenando los datos adquiridos. Creando un archivo histórico, que ayudará a mejorar la seguridad en travesías futuras.
8. *Gestión de usuarios:* Para distinguir si esta utilizando el SCADA el capitán o un menor que esta jugando con el ordenador, es necesario crear usuarios con diferentes privilegios.
9. *Generación de informes:* El sistema permite generar informes con los datos del proceso, según determine el operador.
10. *Programación de eventos:* Se pueden crear subprogramas que generen de forma automática informes, gráficas, activación de tareas o acciones de interés.
11. *Visualización gráfica dinámica:* Permite monitorizar las variables del sistema en un entorno gráfico de una manera animada.

2.4.4. Niveles de supervisión

Para la supervisión, tiene que contemplar tres niveles:

1. *Detección de fallos:* Obtener los indicios de que hay una situación irregular o no deseada, para poder alertar al sistema de que se ha detectado un fallo.

2. *Diagnostico de los fallos:* Evaluar el fallo detectado pudiendo así determinar su causa y establecer el nivel de alarma que se crea conveniente para este fallo.
3. *Reajuste del sistema:* Realizar las acciones oportunas para continuar con el sistema operativo y permitir a la embarcación poder seguir navegando de una manera segura.

2.4.5. SCADA hardware

La parte física (hardware) que forma el sistema SCADA esta formada por:

1. *PC Servidor:* Es el ordenador principal que tiene instalado el software responsable del sistema SCADA, para definir su entorno, y así, poder comunicar con los equipos, adquirir sus datos y controlarlos.
2. *PC Cliente:* Ordenadores secundarios que pueden conectarse al servidor para pedirle información y poder supervisar el sistema desde distintos puntos de la embarcación. También en caso de fallo del servidor, pueden asumir sus privilegios como servidor redundante.
3. *Procesadores digitales de la información:* La embarcación necesita disponer de la máxima información posible para poder navegar con seguridad. Los procesadores digitales de la información se adaptan a las diferentes características de los sistemas como se ha explicado en el apartado '2.4.2. Procesar la información'.
4. *Sistemas a supervisar/controlar:* En la embarcación se pueden encontrar numerosos equipos. Los cuales proporcionan la información al sistema y/o realizan acciones para su buen funcionamiento. El objetivo principal es comunicar todos estos sistemas, haciendo el conjunto mucho más enriquecedor.
5. *Red de comunicaciones:* Es un conjunto de equipos informáticos conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben datos, para compartir información y recursos, minimizando el cableado, y asegurando la confiabilidad y la disponibilidad de la información a distancia.
6. *Red de potencia eléctrica:* Definida en uno de los proyectos con los que se esta trabajando (diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo), es la que proporcionará la energía para todos los equipos.

2.4.6. SCADA software

Existen diversas posibilidades para desarrollar un sistema SCADA. Por un lado, se puede diseñar de forma específica para la embarcación, ofreciendo así una eficiencia óptima, pero necesita mucho tiempo para ser desarrollado y supone un coste muy elevado. Por el otro lado, se puede utilizar alguno de los programas estándares para el desarrollo de sistemas SCADA, que se encuentran en el sector de automatización industrial, creados por empresas como Siemens, Omron, Nacional Instruments, GE Intelligent Platforms, Schneider Electric o ABB. Es muy importante escoger el software adecuado para una embarcación de recreo.

CAPÍTULO 3: INGENIERÍA DE DESARROLLO SOFTWARE

3.1. Comparativa software

Las empresas actuales más importantes que se pueden encontrar en el sector de la automatización industrial: Siemens, Omron, Nacional Instruments, GE Intelligent Platforms, Schneider Electric o ABB, ofrecen software para el desarrollo de sistemas SCADA. De todos los que ofrecen, se han escogido los tres que se consideran más apropiados para el proyecto. Estudiando sus ventajas e inconvenientes, y creando una tabla comparativa para poder determinar el que se va a utilizar.

3.1.1. *ClearSCADA*

Diseñado por la empresa Control Microsystems, aunque fue adquirida hace poco por Schneider Electric. Es un sistema integrado de software SCADA que consta de tres componentes: el servidor, el cliente de Windows conocido como 'ViewX' y el cliente web, conocido como 'WebX'.

El servidor realiza todas las funciones del sistema SCADA: base de datos en tiempo real, procesador de alarma, guardar datos históricos, presenta informes, servidor de comunicaciones y servidor web. Los equipos se conectan al servidor en una arquitectura cliente-servidor utilizando TCP / IP y se puede configurar en una multitud de opciones de redundancia.

ViewX se utiliza para el desarrollo de la aplicación y para el modo de ejecución 'Run Time' del SCADA. Está basado en gráficos vectoriales, creando un entorno atractivo para el usuario, con opción de *zoom* y desplazamiento con el ratón.

Mediante el uso de estándares de arquitectura abierta con *Autosol*® *Enterprise Server*, ClearSCADA se puede integrar con una gran cantidad de equipos de otros fabricantes y dispositivos de medición.

En el diagrama de la figura 9, se destacan los componentes internos del servidor ClearSCADA.

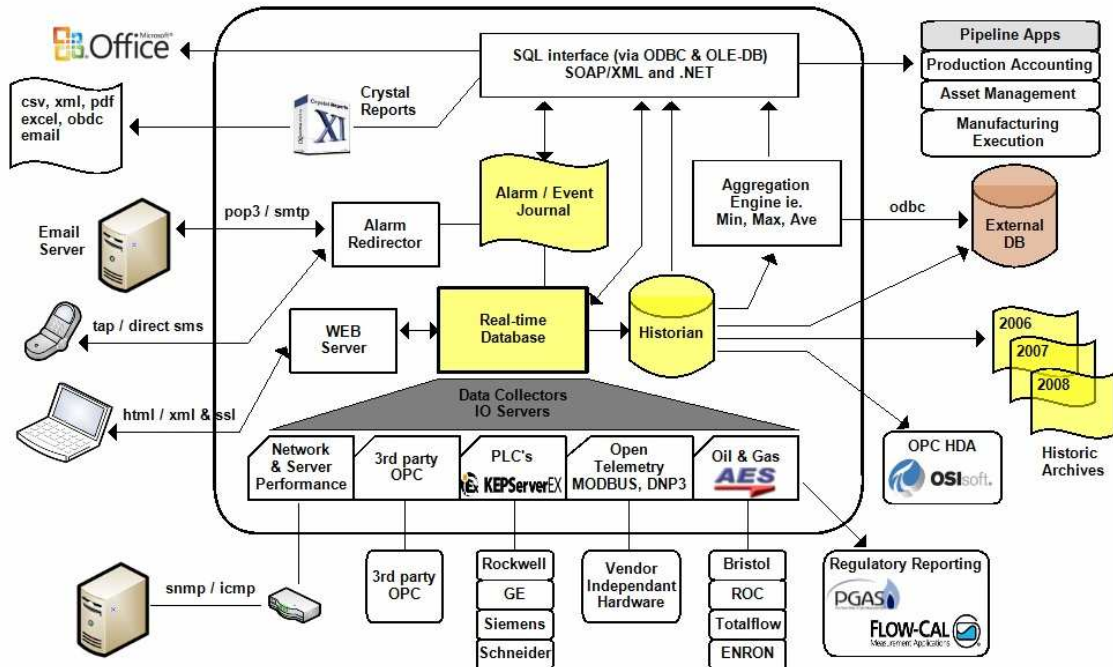


Figura 9. Componentes internos de ClearSCADA.

La base de datos en tiempo real reside en la memoria del servidor, e incluye un completo conjunto de métodos como el sello de tiempo, la bandera de la calidad o el estado de alarma, que complementan la información de los datos. Los subsistema de alarma y registros históricos son atributos de la variable en el entorno de configuración. El registro histórico es un componente integrado en el servidor ClearSCADA, por lo que cada variable del SCADA puede ser guardado de forma sencilla si es necesario, es un formato propietario por razones de rendimiento, sin embargo accesible mediante una interfaz estándar como OPC-HDA, ODBC y OLE DB.

Tabla 1. Análisis de ClearSCADA.

Ventajas para el proyecto	Inconvenientes para el proyecto
Base de datos en tiempo real.	Poca información para profundizar.
Registro histórico integrado basado en eventos.	Pocos ejemplos disponibles.
Gráficos históricos de las señales.	Se crean pocas librerías nuevas.
Objetos con 7 límites de alarmas con prioridades.	Software poco utilizado.
Librerías con objetos modernos.	Pocos drivers disponibles, hay que crearlos.
Animación gráfica de objetos.	Necesita Microsoft Windows.
Gráficos basados en vectores.	
Estándares de arquitectura abierta y Autosol Enterprise Server (ADO, Oracle, MS Access, MS Excel, MS SQL Server, Ethernet, ModbusTCP, Serial y OPC)	
Posibilidad de añadir drivers.	
Opciones de redundancia.	
Manuales y menú ayuda bien explicados.	
Un servidor web integrado.	

3.1.2. CX-Supervisor

El software CX-Supervisor, de la empresa OMRON, desarrollado para construir y ejecutar aplicaciones SCADA. Trabaja en conjunto con la base de datos de CX-Server, para controlar y monitorizar el hardware. Y genera archivos de ejecución 'Run Time'.

Permite generar gráficos históricos con opción de *zoom* y desplazamiento con el ratón. Crear alarmas de manera sencilla con distintas prioridades, crear eventos e incluso simulaciones del PLC.

Escoge la tendencia de las tecnologías estándares como OPC y ActiveX que permiten el intercambio de datos entre multitud de dispositivos hardware y aplicaciones existentes en el mercado. También tiene la posibilidad de utilizar CX-Communication Control para el intercambio de datos por Profibus para redes de área local (LAN).

Y por último, cabe indicar que en el entorno de programación, aparte del ya conocido sistema de *scripts* utilizado hasta ahora, se ha incorporado la posibilidad de utilizar Visual Basic Scripts y Java Scripts abriendo el espectro de posibilidades de programación de este paquete de supervisión.

Tabla 2. *Análisis de CX-Supervisor.*

Ventajas para el proyecto	Inconvenientes para el proyecto
Bases de datos relacionales.	Librerías extensas pero anticuadas.
Gráficos históricos de las señales.	Se crean pocas librerías nuevas.
Alarmas con prioridades.	Apariencia poco moderna.
Entornos gráficos basados en vectores.	Objetos simples.
Animaciones gráficas.	Manuales densos, difíciles de entender.
Estándar ActiveX Data Objects (ADO) para comunicarse con la base de datos.	Menú ayuda pocas explicaciones y ejemplos.
Estándar OPC para comunicarse con los dispositivos.	Dificultad para añadir drivers.
Comunicaciones por Profibus.	Software poco utilizado.
Visual Basic Scripts y Java Scripts	Necesita Microsoft Windows

3.1.3. LabVIEW

LabVIEW creado por la empresa National Instruments. Es un entorno de programación gráfica usado para desarrollar sistemas sofisticados de medición y control, usando íconos gráficos e intuitivos y diagramas de flujo, permitiendo controlar y adquirir datos desde cualquier equipo, ya que permite crear soluciones personalizadas.

Ofrece una gran integración con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual (VI). La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos, desde su introducción en 1986 se ha convertido líder en la industria.

El entorno de desarrollo gráfico de LabVIEW es modular, facilitando configurar un paquete a medida. Cada usuario comienza con un sistema de desarrollo y después puede añadir herramientas de aplicación u objetos de despliegue dependiendo de los requerimientos. Este paquete flexible permite que mejore la funcionalidad de LabVIEW, según los usuarios se enfrentan a proyectos más complejos.

Esta formado por un Panel Frontal, para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando en modo 'Run Time' y por un Diagrama de Bloques donde se define la funcionalidad de cada objeto y sus conexiones.

Tabla 3. Análisis de LabVIEW.

Ventajas para el proyecto	Inconvenientes para el proyecto
<p>Librerías con objetos muy modernos.</p> <p>Se crean muchas librerías nuevas, como la entidad OpenG.</p> <p>Manuales y menú ayuda bien explicados.</p> <p>Muchos ejemplos disponibles.</p> <p>Estándares de arquitectura abierta como GPIB, Serial (RS232, RS485 y RS422), USB, VXI, PXI, Ethernet, IEEE 1394, VISA, Modbus y OPC Servers.</p> <p>Gráficos en tiempo real.</p> <p>Análisis avanzado de las señales.</p> <p>Diagramas de Flujo de Datos.</p> <p>Software muy utilizado.</p> <p>Muchas zonas web de ayuda.</p> <p>Muchos drivers ya creados.</p>	<p>Dificultad con los históricos.</p> <p>Dificultad con las alarmas y eventos.</p> <p>Muchos módulos a instalar.</p>

3.1.4. Comparativa

Para realizar la comparativa, se ha creado la tabla 4, donde se reflejan los principales aspectos a tener en cuenta.

Tabla 4. Comparativa entre los diferentes software SCADA.

	ClearSCADA	CX-Supervisor	LabVIEW
Entornos Gráficos	Vectoriales	Vectoriales	Lenguaje G
Librerías	Completa y moderna	Completa pero anticuada	Muy completa y muy moderna

Importar librerías	Pocas disponibles	Pocas disponibles	Muchas con OpenG
Objetos	Con muchas propiedades	Pocas propiedades	Bastantes propiedades
Animaciones	Muchas, sencillas	Bastantes, sencillas	Difíciles de encontrar
Apariencia	Moderna	Anticuada	Muy moderna
Históricos	Bases de datos relacionales	Bases de datos relacionales	Exportando los datos
Comunicación con la BD	Autosol Enterprise Server (ADO, Oracle, MS Access, MS Exel y MS SQL Server)	ActiveX Data Objects (ADO), MS Access, MS Exel, MS SQL Server, ODBC, dBase y CSV	ActiveX, Oracle y MS SQL Server
Alarmas	Sencillas de crear con prioridades	Simple, con prioridades	Hay que crearlas una por una
Historial de alarmas	Sencillo de crear	Sencillo de crear	Hay que crearlo
Gráficos	Históricos	Históricos	Tiempo real
Ejemplos	Pocos	Muy pocos	Muchos
Manuales	Completos y bien explicados	Completos y mal explicados	Muy completos y muy bien explicados
Menú Ayuda	Muy completo, pocos ejemplos, aclaraciones con imágenes.	Justo, pocos ejemplos, pocas aclaraciones con imágenes.	Muy completo, muchos ejemplos, aclaraciones con imágenes.
Diagramas de Flujo de Datos	No	No	Si
Análisis avanzado de las señales	No	No	Si
Estándares de arquitectura abierta para la comunicación	Autosol Enterprise Server (Ethernet, ModbusTCP, Serial y OPC)	COM, OLE, ADO, OPC y Profibus.	GPIB, Serial (RS232, RS485 y RS422), USB, VXI, PXI, Ethernet, IEEE 1394, VISA, Modbus y OPC Servers

3.1.5. Selección del software

La primera conclusión que se obtiene de esta comparativa, es que CX-Supervisor no es el software adecuado, ya que no presenta demasiadas ventajas y ofrece un entorno un tanto anticuado, que no es el que se desea para una embarcación de lujo, por lo que queda descartado.

LabVIEW permite desarrollar un entorno moderno en el que se puedan incorporar todo tipo de equipos, pudiendo hacer un análisis avanzado de sus datos con múltiples opciones, presentando gran ayuda en manuales, ejemplos, menú ayuda, foros y *drivers*, pero necesitaría una base de datos externa para poder guardar la información histórica (importante para las tareas de mantenimiento y prevención), y las gráficas solo a tiempo real no son muy útiles, ya que no se pueden comparar con datos anteriores. Además, presenta ciertas dificultades con las alarmas, ya que se tienen que hacer una por una, siendo difícil crear un listado de alarmas y más complicado sería darles prioridad entre ellas, siendo esto muy importante para la seguridad del barco.

ClearSCADA permite desarrollar un entorno moderno en el que poder guardar información histórica, crear gráficas de históricos y todo tipo de alarmas con varios niveles de prioridad. Aunque, no permite el análisis avanzado de las señales, es algo que no es necesario en este proyecto, ya que los procesadores especializados realizan el análisis necesario para sus equipos. También puede presentar ciertas dificultades con los *drivers*, ya que incorpora pocos, pero pueden ser suficientes y se pueden desarrollar otros. Tampoco hay mucha información para poder profundizar o resolver problemas.

Teniendo en cuenta el factor principal del proyecto, la seguridad, se determina que son más importantes las alarmas y los archivos históricos, puesto que la conectividad con los equipos puede hacerse de muchas maneras. Concluyendo, el software que mejor cubre estas necesidades es ClearSCADA.

3.2. Funcionalidades con ClearSCADA

Una vez escogido ClearSCADA como software de desarrollo del sistema SCADA, se estudia como solventa las diferentes funcionalidades consideradas en el apartado '2.4.3. Funcionalidades'.

3.2.1. Arquitectura abierta y flexible de libre desarrollo

ClearSCADA es un software que utiliza una arquitectura abierta con Autosol Enterprise Server, pudiendo compartir los datos con otras bases de datos y comunicar con protocolos estándares libres.

Además, es capaz de adaptarse a cambios, futuras ampliaciones, embarcaciones muy diferentes e incluso a los diferentes gustos y preferencias de los posibles navegantes que lo quieran utilizar, ya que su desarrollador es sencillo de utilizar pero con herramientas muy complejas, pudiendo desde representar variables de forma animada con objetos gráficos, hasta ejecutar acciones complejas, programadas con diferentes lenguajes. Tiene librerías de objetos gráficos modernos y dispone de herramientas para desarrollarlos.

3.2.2. Conectividad con los equipos

Este software tiene una programación para las aplicaciones, que comunica con los equipos de la red y permitir que compartan la información y recursos, en una estructura tipo cliente-servidor, donde los clientes envían peticiones de información o de uso de recursos al servidor, que controla datos y aplicaciones. Pero también dispone de programación para la red de comunicaciones estableciendo protocolos, o normas, para que los equipos se comuniquen entre sí, estos protocolos aplican su propia codificación y criterios, permitiendo enviar y recibir grupos de datos denominados paquetes.

Con Autosol Enterprise Server se pueden compartir los datos con otras bases de datos (ADO, Oracle, MS Access, MS Excel y MS SQL Server) y comunica con protocolos estándares libres (Ethernet, ModbusTCP, Serial y OPC), pudiendo utilizar a la vez varios protocolos distintos.

Además, también se puede configurar en una multitud de opciones de redundancia, es decir, en caso de fallo del servidor, un cliente asume de forma temporal el papel de servidor redundante.

3.2.3. Supervisión remota de instalaciones y equipos

Permite conocer muy rápido de forma visual el estado de las variables, con herramientas como galgas de visualización, barras proporcionales o números, pudiendo añadirle muchos tipos de animaciones como cambio de color, letra, tamaño, ocultar objeto, parpadeo del texto y muchas más. Se puede conocer el estado de cada sistema, ojeando solo un poco el entorno gráfico, esto permite dirigir las tareas de supervisión de la embarcación de una manera rápida y cómoda.

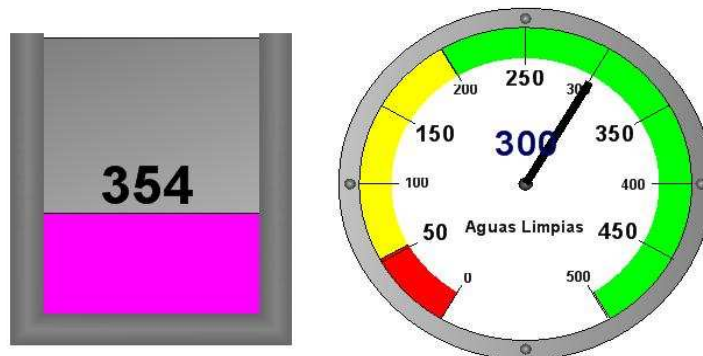


Figura 10. Objetos gráficos animados: Barra proporcional (izquierda)
– Galga de visualización (derecha).

En la figura 10, se pueden observar algunas animaciones de estos objetos gráficos. En la izquierda una barra proporcional, que varía su tamaño en proporción al valor de la variable que se le ha asignado, dando una rápida visión de la altura a la que se encuentra el nivel, se le ha añadido un texto referente al valor exacto de la variable y también cambia de color para indicar los límites, creando estados de alarma. El objeto gráfico de la derecha, es una galga de visualización que indica con la aguja el valor de la variable, también tiene un texto referente al valor asociado y diferentes niveles de alarma, en este caso se ven los diferentes niveles.

3.2.4. Control remoto de instalaciones y equipos

También realiza acciones de control llamadas '*Pick Action*', mediante las cuales se puede activar o desactivar los equipos de forma remota, como encender motores, activar luces, apagar electrodomésticos o controlar la temperatura, de manera manual y también automática. Todo de una forma cómoda desde el ordenador con objetos gráficos animados. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia y algoritmos de control.

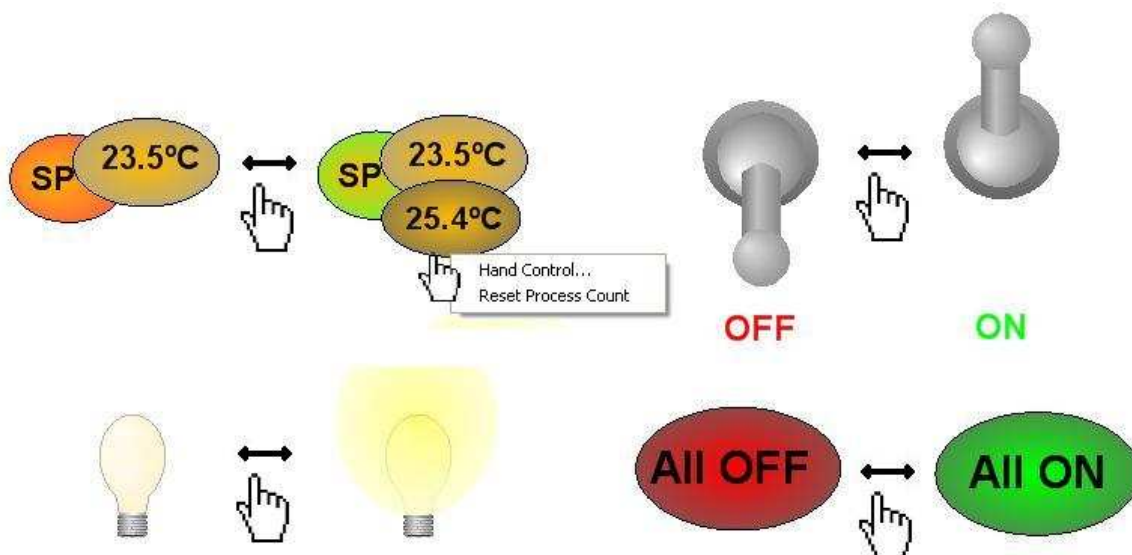


Figura 11. Objetos gráficos animados con acciones de control.

Los objetos gráficos utilizados en la supervisión, solo muestran información, en cambio, estos realizan acciones de control cuando se les selecciona. En la figura 11, se observa como cambian los objetos para indicar que se ha realizado una acción, estos en concreto realizan acciones de encendido y apagado, representándolo de diferentes maneras, como un termostato, interruptor, bombilla y botón, con sus respectivas animaciones, pero además el termostato, cuando esta encendido de color verde, visualiza la temperatura de control, con otra acción '*Pick Action*', en este caso se despliega un menú con diferentes acciones, interesa la '*Hand Control...*', que proporciona un control manual del valor de la variable, permitiendo cambiar la temperatura de control del termostato.

3.2.5. Procesamiento de datos

La información que alimenta el sistema, adquirida por los procesadores digitales de la información, vuelve a procesarse con ClearSCADA, para clasificarla según los límites de las alarmas, compararla con datos anteriores o con datos de otros puntos de referencia, realizar acciones, filtrarla o transformarla, dando como resultado una información más fiable y segura.

Los límites que se comentan se explican en el apartado '*3.2.6. Generación de alarmas*'. En cuanto a las comparaciones, acciones, filtrado, tratado o cualquier otra manipulación que se desee hacer, se consigue con programación en lenguaje Pascal, con diagramas de bloques o con diagramas Ladder.

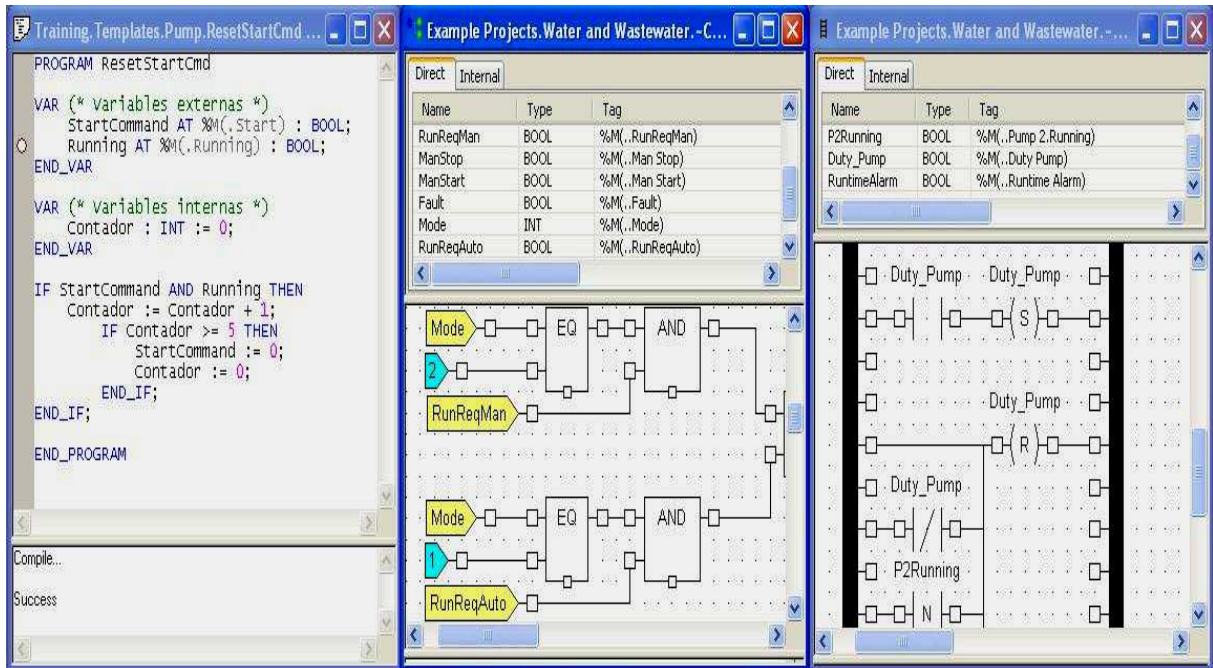
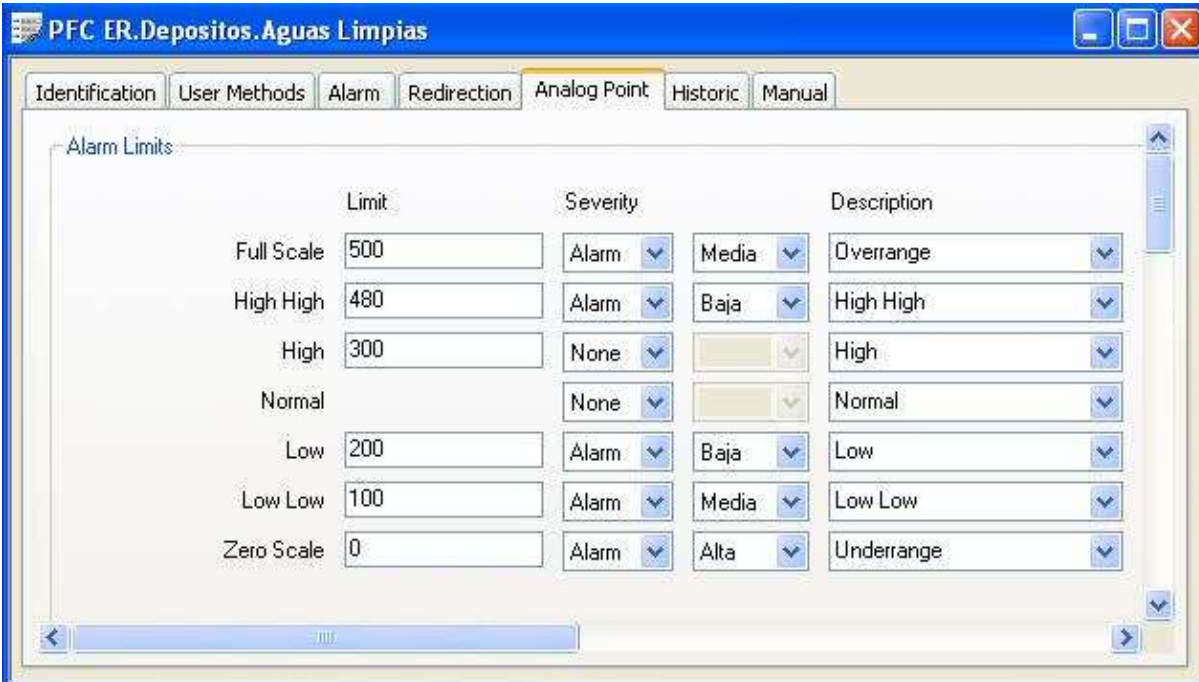


Figura 12. Programación con: Lenguaje Pascal (izquierda) – Diagrama de bloques (centro) – Diagrama Ladder (derecha).

La información se puede procesar de tres maneras diferentes como se muestra en la figura 12. La ventana de la izquierda tiene programación básica en lenguaje Pascal para procesar la información desde bajo nivel. En la ventana central, se programa mediante diagramas de bloques, para entender mejor el procesamiento de los datos, aunque limita sus posibilidades. Y en la ventana de la derecha, se programa con los diagramas Ladder, muy utilizados en el sector de automatización industrial, sobretodo para programar PLCs destinados a tareas de control, es un lenguaje sencillo, pero seguro, utilizado para evitar malas conexiones en esquemas eléctricos de contactos.

3.2.6. Generación de alarmas

ClearSCADA permite establecer siete niveles de alarmas para clasificar los estados en los que se encuentra el valor de la variable. A través de los diferentes niveles de alarma y estableciendo cuatro prioridades diferentes, para definir su gravedad, se logra alertar al operador frente a un fallo, o en presencia de una situación no deseada o fuera de lo aceptable. Permitiendo informar de forma visual y acústica, o incluso también se pueden generar acciones. Ya que si se conocen a tiempo pueden prevenir riesgos, para evitar accidentes.



	Limit	Severity	Description
Full Scale	500	Alarm	Overrange
High High	480	Alarm	High High
High	300	None	High
Normal		None	Normal
Low	200	Alarm	Low
Low Low	100	Alarm	Low Low
Zero Scale	0	Alarm	Underrange

Figura 13. Límites y prioridades de las alarmas de una variable.

En la figura 13, se pueden observar los 7 niveles que se definen para las variables, entre el mínimo (*Zero Scale*) y el máximo (*Full Scale*), también si se determina alarma o no en cada nivel, y la gravedad con la que se clasifica.

Las gravedades pueden ser Crítica, Alta, Media y Baja, y sirven para priorizar unas alarmas ante otras y establecer, según la gravedad de los casos, diferentes acciones para informar al capitán de la embarcación. Por ejemplo, en una alarma con gravedad baja es suficiente mostrarla en el apartado de alarmas de forma visual, pero en una alarma de gravedad crítica, además, es necesario un potente sonido acústico que informe de la situación, o incluso se podrían realizar acciones, como cambiar de trayectoria si se va a colisionar con otra embarcación o apagar los grupos electrógenos si los niveles de combustible son mínimos.

Cuando la persona supervisora es consciente de la alarma, es muy importante reconocerla, para informar al sistema SCADA. Esto se puede comunicar en los elementos gráficos que comunican la alarma seleccionando '*Acknowledge*' (si el idioma es inglés), también da la opción de reconocerla con un comentario para acordarse de lo sucedido si se selecciona '*Acknowledge With Comment...*'.

ClearSCADA muestra las alarmas con diferentes colores, para distinguir de forma visual el estado de la alarma, de manera rápida y cómoda, distinguiendo su gravedad, si ha sido reconocida, si ya se había reconocido o si ha sido solucionada.

3.2.7. Gestión de usuarios

El interfaz gráfico con el usuario que ofrece el SCADA, puede ser manipulado por muchas personas diferentes, por lo que es necesario distinguir diferentes usuarios, para establecer diferentes prioridades a cada uno.

Hay que distinguir si lo esta manipulándolo el capitán de la embarcación u otra persona que pueda estar navegando con él. E incluso, como 'ViewX' sirve tanto para la visualización como para el desarrollo, se tiene que tener privilegios para el desarrollo, solo dispondrán de este privilegio los usuarios con conocimientos suficientes para no desestabilizar el sistema. También se pueden diferenciar otros usuarios según el parecer del capitán como hijos, amigos, jefe o invitados.

La identificación de usuario se realiza introduciendo el nombre y la contraseña. Y según el tipo de usuario podrá acceder o no a las diferentes pantallas, realizar algunas acciones de control o modificar variables. Se puede determinar, que los usuarios con privilegios pasen a ser usuarios normales una vez transcurrido un tiempo de inactividad.

3.2.8. Almacenamiento de información histórica

Es muy sencillo guardar la información en la base de datos. En las propiedades de la variable deseada hay que seleccionar 'Enabled' dentro de la pestaña 'Historic' y determinar el intervalo cada cuanto se quiere guardar, con esto se guardará de forma automática.

Para poder recuperar la información se utilizan consultas (*query*) a la base de datos de ClearSCADA, pudiendo así obtener un dato o crear un listado de información, o bien, se pueden visualizar mediante gráficos históricos (*Trends*).

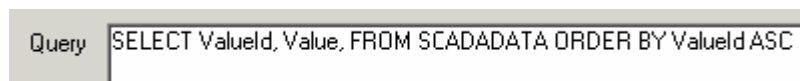


Figura 14. Consulta a la base de datos con el lenguaje SQL.

Las consultas se realizan en el lenguaje SQL típico de las bases de datos, como se muestra en la figura 14, con SQL también se pueden exportar e importar datos con otras bases de datos.

3.2.9. Generación de informes

En la figura 9 de la página 32, se muestran los componentes internos de ClearSCADA, donde se puede observar que los de la parte izquierda, muestran como exportar la información en informes tipo documentos de texto, hojas de cálculo, servidores E-mail, mensajes SMS y servidor Web.

Para conseguir exportar la información, presenta la posibilidad de comunicación con la aplicación 'Crystal Reports', que ofrece una amplia gama de herramientas para generar informes desde bases de datos. Aunque el mismo software ClearSCADA, también ofrece exportación directa a un archivo de texto o una hoja de cálculo, servidor Web y comunicación con un servidor E-mail o SMS.

Dependiendo de la complejidad del tipo de informes que se quiera obtener o de la presentación que se necesite, se puede prescindir de 'Crystal Reports'.

3.2.10. Programación de eventos

La herramienta '*Schedule*' permite programar eventos que se vayan repitiendo, ya sea cada día, semana, mes o año. Pudiendo programar respectivamente la hora, la hora y el día de la semana, el día del mes, y el día y el mes.

En estos eventos se pueden programar acciones para que sean ejecutadas de forma automática, estas acciones pueden ser de control o informativas, permitiendo desde apagar los grupos electrógenos por la noche, hasta guardar información en la base de datos. También se pueden activar o desactivar los eventos que se han creado por si no interesa ejecutarlos.

3.2.11. Visualización gráfica dinámica

Proporciona el interfaz gráfico con el usuario, que se realiza en el monitor del ordenador, mediante un entorno gráfico capaz de realizar una visualización de la información de una manera dinámica, es decir, actualizada y animada de forma atractiva para el usuario.

Esta basado en gráficos vectoriales, y no en mapas de bits. Dicho con otros términos, las imágenes son vectores y no puntos (*pixeles*), con esto se consigue mantener la definición de un objeto aunque se este utilizando el *zoom* que tiene el programa de 3200%.

Se puede restringir un objeto a un rango concreto de *zoom* o bien agrupar los objetos por capas, visualizando cada capa en un rango determinado. Con esto, es posible crear mapas como los de las cartas náuticas, ya que ClearSCADA tiene herramientas de *zoom*, arrastre y una ventana te muestra donde te encuentras respecto a la imagen principal, en caso de hacer mucho *zoom*.

Las variables del sistema se pueden representar con objetos gráficos, creando una relación para realizar animaciones en función del valor que presente la variable. Estas animaciones pueden ser: cambio del color, del tamaño del texto, un movimiento rotatorio, visibilidad o un texto informativo, pudiendo condicionarlas con un lenguaje básico de compilador. Los objetos de las librerías presentan muchas animaciones, solo es necesaria una relación con la variable para que se ejecuten todas.

CAPÍTULO 4: INGENIERÍA DE DESARROLLO HARDWARE

4.1. Sistemas a supervisar/controlar

Mientras se seleccionaba el software y se estudiaban sus funcionalidades, se analizaban y determinaban los sistemas que se desean controlar y/o supervisar en la embarcación de recreo, para concluir con una pequeña explicación teniendo en cuenta los peligros que presentan, con las alarmas que necesitan, y determinando los datos que se consideran importantes para el SCADA. Estos datos se obtienen con procesadores digitales mencionados, previamente se introducen, para poder relacionarlos con los sistemas seleccionados.

4.1.1. Procesadores digitales

Todos los sistemas seleccionados necesitan procesadores digitales de la información, para conseguir adquirir los datos y realizar las acciones de control desde el servidor ClearSCADA.

Algunos de los sistemas, como es el caso de los motores de propulsión o el radar, dada la complejidad que presentan, son diseñados con sus propios procesadores digitales. Los motores de propulsión incorporan una centralita con una unidad de control especializado (ECU) que toma las decisiones de control del motor, con la información que recibe de los mandos de control, piloto automático, *Joystick* y del propio ClearSCADA, y además se encarga de enviar los datos más importantes de los motores, como son revoluciones y temperatura. En cambio, el radar no necesita control, así que el procesador es más bien un ASIC (Circuito integrado para aplicaciones específicas) o un FPGA (*Field Programmable Gate Array*) encargados de interpretar los datos adquiridos por la antena radar y los enviar a la red de comunicación.

Pero otros sistemas son muy sencillos, y no incorporan procesadores digitales. En estos casos unos PLC (Controlador Lógico Programable) se encargarán de hacer de procesadores de todos los sistemas que los necesiten. Se distribuyen

PLCs por la embarcación en las diferentes zonas de interés, montados en los subcuadros de control.

Un PLC es un sistema electrónico basado en un microprocesador, para ejecutar la lógica programada que tiene en unas memorias reprogramables, con la finalidad de controlar los sistemas deseados mediante sus entradas y salidas, estas pueden ser analógicas o digitales. También se encarga de comunicar con la red de comunicaciones, para informar al servidor de sus entradas y realizar las acciones de control que este le pida, utilizando protocolos tipo Ethernet.

Para determinar el tamaño de los datos (número de bits) hay que definir el rango en el que trabaja la variable y la sensibilidad con la que se producirán sus cambios, para poder calcular con la formula (1) el número entero de bits de su resolución.

$$Resolución = \frac{\ln\left(\frac{Rango}{Sensibilidad}\right)}{\ln(2)} \quad (1)$$

También es importante, definir el tiempo de muestreo con el que se consulta la variable desde el servidor ClearSCADA.

4.1.2. Motores de propulsión

El motor de propulsión es el que nos permite navegar y se considera la parte más importante de la embarcación. Por este motivo, en la actualidad, las embarcaciones de más de 15 metros de eslora disponen de dos motores, en el caso de que un motor se estropee, se podría seguir navegando con el otro, además tener dos motores facilita mucho las maniobras en distancias cortas.

Para evitar que se estropeen, es importante conocer ciertos datos del motor, como son las revoluciones y la temperatura, generando alarmas para evitar que alcancen valores no deseados. Cada motor tiene una centralita, que permite ser conectada a la red principal, para obtener estos datos y poder controlar también el encendido y apagado, la dirección y la aceleración, que se gobiernan con el mando del control de crucero, este tiene su propio cableado para comunicar con la centralita.



Figura 15. Mando de control de Volvo Penta.

Los principales fabricantes son Volvo Penta, Caterpillar Marine Power Systems y MAN marine engines. Las diferentes centralitas utilizan un interfaz LAN con

protocolos CANbus o Modbus tipo buses de campo, para comunicar los datos del motor a una red de comunicaciones.

Datos importantes para el SCADA desde la centralita del motor:

- a) Conocer revoluciones
 - Rango: 0 - 3500 rpm
 - Sensibilidad: 10 rpm
 - Resolución entrada: 9 bits
 - Tiempo de muestro: 300 ms
- b) Conocer temperatura líquido refrigerante
 - Rango: 20 – 120 °C
 - Sensibilidad: 1 °C
 - Resolución entrada: 7 bits
 - Tiempo de muestro: 1 s
- c) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.3. Navegación automática

Gobernar siempre de forma manual el mando del control de crucero, puede resultar un poco incomodo en alta mar, si se realizan trayectos largos, por lo que se puede montar un sistema de navegación automática, para prescindir del mando de control y poder disfrutar de la embarcación.

Este sistema está formado por un ordenador de rumbo, que recibe la información de los sensores de rumbo y viento, para calcular la trayectoria y enviar los datos a los motores.

Mientras se esta utilizando la navegación automática, es muy importante supervisar los demás datos de la embarcación como son las cartas náuticas, AIS, radar, sonda náutica o incluso los depósitos de combustible, ya que si se crean alarmas en alguno de estos sistemas, hay que actuar, para garantizar la seguridad de la embarcación.

Los principales fabricantes son Raymarine, Furuno y Garmin. Los ordenadores de rumbo utilizan un interfaz LAN tipo CANbus o Ethernet para comunicar con la red de comunicaciones.

Datos importantes para el SCADA desde el ordenador de rumbo:

- a) Conocer rumbo
 - Rango: 0 – 360°
 - Sensibilidad: 0,1°
 - Resolución entrada: 12 bits
 - Tiempo de muestro: 100 ms

- b) Conocer velocidad viento
 - Rango: 0 – 99 nudos
 - Sensibilidad: 0,1 nudo
 - Resolución entrada: 10 bits
 - Tiempo de muestro: 100 ms
- c) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.4. Joystick

El *Joystick* es la última innovación en el control de los motores, permitiendo hacer pequeñas maniobras con la embarcación, esto es muy útil para moverse por el puerto y poder atracar de forma más sencilla.



Figura 16. Joystick (izquierda) – Maniobra (derecha), de Volvo Penta.

Es un *kit* de instalación muy utilizado en los nuevos motores Volvo Penta IPS. Aunque este *kit* no contempla la cercanía que hay con los objetos. Tampoco el radar mide distancias próximas, por lo que se propone instalar unos sensores de proximidad alrededor de la embarcación, para ir informando durante la maniobra de la proximidad a la que se encuentran los objetos cercanos, creando alertas mediante el SCADA, que ayuden a realizar maniobras cortas sin golpear la embarcación.

Este *Joystick*, se conecta de forma directa con las centralitas de los motores. Y los sensores de proximidad necesitan una entrada del PLC cada uno, conectados siempre con el más próximo.

Datos importantes para el SCADA desde el PLC:

- a) Conocer distancia objetos cercanos
 - Rango: 0 – 6 metros
 - Sensibilidad: 0,1 metro
 - Resolución entrada: 6 bits
 - Tiempo de muestro: 300 ms

4.1.5. Depósitos

La embarcación dispone de depósitos para el combustible, el agua limpia sanitaria, las aguas grises recicladas y las aguas negras contaminadas con desechos orgánicos. Los depósitos de combustible son más grandes que los otros, para poder hacer trayectos largos, y suelen ser dos para repartir los pesos en la embarcación.

Conocer los niveles de estos depósitos, permite saber la autonomía de la embarcación y así poder calcular las distancias que se pueden recorrer. No es necesaria una extremada precisión, ya que el barco esta en constante movimiento, por lo tanto los líquidos que transporta también. Para niveles bajos de combustible, es muy importante crear alarmas que eviten quedarse naufragando sin combustible. Los depósitos de aguas limpias, grises y negras, también necesitaran alarmas para informar su estado, pero en este caso la gravedad es menor.

Fabricantes como Kobold o Tek-Tanks ofrecen depósitos y sensores de nivel para las diferentes soluciones. La salida típica del sensor es de 4-20 mA o 0-5 Vdc, para poder conectarlo directamente a la entrada del PLC.

Datos importantes para el SCADA desde el PLC:

- a) Conocer nivel combustible
 - Rango: 0 – 1200 litros
 - Sensibilidad: 10 litros
 - Resolución entrada: 7 bits
 - Tiempo de muestro: 10 s
- b) Conocer nivel aguas limpias
 - Rango: 0 – 500 litros
 - Sensibilidad: 10 litros
 - Resolución entrada: 6 bits
 - Tiempo de muestro: 10 s
- c) Conocer nivel aguas grises
 - Rango: 0 – 150 litros
 - Sensibilidad: 10 litros
 - Resolución entrada: 4 bits
 - Tiempo de muestro: 10 s
- d) Conocer nivel aguas negras
 - Rango: 0 – 150 litros
 - Sensibilidad: 10 litros
 - Resolución entrada: 4 bits
 - Tiempo de muestro: 10 s

4.1.6. *Generador de electricidad*

Hay varias maneras para poder disponer de suministro eléctrico, aunque la más utilizada es un grupo electrógeno que transforma la energía química del combustible en energía eléctrica. Es más fácil y rápido almacenar combustible que tener muchas baterías y la embarcación ya dispone de depósitos de combustible para el motor. Cada vez más, se están utilizando energías menos contaminantes, aunque de momento no acaban sustituyendo al grupo electrógeno, pero consiguen reducir su consumo.

El grupo electrógeno esta compuesto por un motor de combustión interna, conectado en un mismo eje con un alternador, proporcionando una tensión alterna de 230 V a 50 Hz. En el motor de propulsión hay que conocer las revoluciones y la temperatura, para poder generar alarmas y evitar que se averíen. Además, hay que conocer la tensión, la frecuencia y la corriente que suministra, y tener un control de encendido y apagado. Todo esto conectando con la centralita del grupo electrógeno.

Los fabricantes de motores de propulsión, también fabrican grupos electrógenos, y en este caso, se utilizan centralitas con un interfaz LAN, para protocolos CANbus o Modbus tipo buses de campo, para comunicar con una red de comunicaciones.

Datos importantes para el SCADA desde la centralita del grupo electrógeno:

- a) Conocer revoluciones
 - Rango: 0 – 2500 rpm
 - Sensibilidad: 10 rpm
 - Resolución entrada: 8 bits
 - Tiempo de muestro: 300 ms
- b) Conocer temperatura líquido refrigerante
 - Rango: 20 – 120 °C
 - Sensibilidad: 1 °C
 - Resolución entrada: 7 bits
 - Tiempo de muestro: 1 s
- c) Conocer tensión
 - Rango: 0 - 300 V
 - Sensibilidad: 0,1 V
 - Resolución entrada: 12 bits
 - Tiempo de muestro: 1 s
- d) Conocer frecuencia
 - Rango: 30 – 70 Hz
 - Sensibilidad: 0,1 Hz
 - Resolución entrada: 9 bits

- Tiempo de muestro: 1 s
- e) Conocer corriente
 - Rango: 0 - 100 A
 - Sensibilidad: 0,1 A
 - Resolución entrada: 10 bits
 - Tiempo de muestro: 1 s
- f) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.7. Tomas de corriente

Por toda la embarcación, se pueden encontrar tomas de corriente que proporcionan una tensión alterna de 230 V a 50 Hz, como los que se encuentran en las viviendas, pero con una tapa protectora para aumentar el grado de protección al agua.

Puede ser interesante controlarlas de forma individual o por zonas, para limitar los consumos máximos, evitando que el grupo electrógeno se sobrecargue, y provoque continuas caídas de tensión o incluso llegue a desconectarse por seguridad.

Esto también se puede solucionar creando prioridades entre las tomas de corriente, controlando si proporcionan tensión y conociendo el paso de corriente. Un PLC puede gestionar estas prioridades si se programa con diagramas Ladder, automatizandolas mediante contactos de una manera segura.

Para realizar un diagrama Ladder, primero es necesario hacer un diagrama GRAFCET para garantizar el correcto funcionamiento de los contactos. El GRAFCET refleja una sucesión de etapas, donde cada etapa tiene sus acciones asociadas, de forma que se realizan cuando aquella etapa está activa, las etapas se van activando de forma secuencial según se van cumpliendo las condiciones que las preceden.

Datos importantes para el SCADA desde el PLC:

- a) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit
- b) Conocer paso corriente
 - Resolución entrada: 1 bit
 - Tiempo de muestro: 500 ms

4.1.8. Baterías

La tensión continua de la embarcación la proporcionan un conjunto de baterías. Según se ha determinado en el proyecto 'Diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo', se utilizarán en paralelo baterías de 12 V conectadas de dos en dos en serie, para conseguir 24 V, como muestra la figura 17.

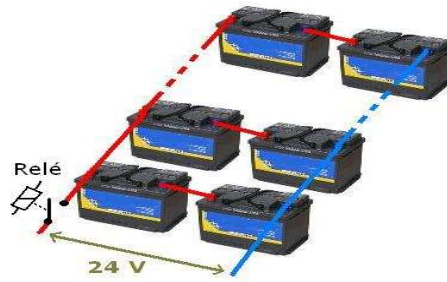


Figura 17. Conexión baterías de 12 V a 24 V.

Conociendo los niveles de tensión se puede determinar la energía acumulada, para poder calcular el tiempo estimado de duración de los 24 V. Si hay poca energía acumulada, se tiene que conectar el grupo electrógeno para cargarlas. También es importante el control de su encendido y apagado, para dar tensión o no a la red, esto se consigue con un relé controlado por un PLC, como muestra la figura 17.

Datos importantes para el SCADA desde el PLC:

- a) Conocer tensión
 - Rango: 0 - 40 V
 - Sensibilidad: 0,01 V
 - Resolución entrada: 12 bits
 - Tiempo de muestro: 1 s
- b) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.9. Cartas náuticas

En el mar no se encuentran carreteras ni señalizaciones, por lo que se tiene que hacer el propio camino. Por esto, es muy importante métodos y equipos que ayuden a crear las travesías, haciéndolas más seguras y precisa, previniendo y evitando una colisión de la embarcación.

Con el GPS se determina la posición de la embarcación en todo el mundo. Esta posición, se situará en las cartas náuticas que son una representación a escala de aguas navegables y regiones terrestres adjuntas, suelen indicar las profundidades del agua y las alturas del terreno, naturaleza del fondo, detalles de la costa, incluyendo puertos, peligros a la navegación, localización de luces y otras ayudas a la navegación. La figura 5 de la página 22, muestra una carta náutica. Además, pueden incluir la información que proporciona el AIS, para detectar donde están situadas las embarcaciones cercanas que lo tienen instalado, hay que remarcar que en la actualidad muy pocas lo tienen instalado, las embarcaciones militares y de recreo no están obligadas a llevarlo, no se podrán detectar, por lo que serán necesarios otros sistemas como el radar o la radio VHF para poder detectar a quien no comunique su posición.

Es necesario prevenir de los peligros que se puedan presentar durante el trayecto, como si se encuentra cerca de un objeto, si se acerca a la costa, si hay un obstáculo en la travesía o si se va a cruzar una embarcación, generando

alarmas para evitar accidentes y si es necesario realizar las maniobras oportunas.

Hay empresas como Raymarine, Furuno, Garmin, Navico o Geonav, que desarrollan software de cartas náuticas, y también antenas GPS y equipos AIS. Este software no se puede utilizar en ClearSCADA, así que hay que crear con los objetos gráficos este entorno, esto supone un trabajo de diseño muy laborioso, ya que hay que desarrollar mapas a escala y situar la información del GPS y el AIS. Pero como alternativa circunstancial, se puede utilizar un software de las empresas ya nombradas conjuntamente con ClearSCADA e importar los datos para poder informar, generar alarmas, y realizar acciones.

Datos importantes para el SCADA desde GPS y AIS:

- a) Conocer posición GPS
 - Interfaz LAN: CANbus
 - Tiempo de muestro: 300 ms
- b) Conocer información AIS
 - Interfaz LAN: Ethernet 100 BASE-TX o CANbus
 - Tiempo de muestro: 300 ms
- c) Control ON/OFF GPS
 - Resolución salida: 1 bit
- d) Control ON/OFF AIS
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.10. Radar

Como se acaba de nombrar, no es suficiente con la información de las cartas náuticas, ya que en alta mar se pueden encontrar objetos que no informan de su posición. El radar (término derivado del acrónimo inglés *RAdio Detection And Ranging*, "detección y medición de distancias por radio") es un sistema que utiliza ondas electromagnéticas para medir distancias, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles como barcos, embarcaciones no motorizadas y el propio terreno.

Su funcionamiento se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe rápidamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información. El uso de ondas electromagnéticas, permite detectar objetos más allá del rango de otro tipo de emisiones, como son la luz visible o el sonido.

No es un sustituto de las cartas náuticas, sino que se complementan para incrementar la seguridad de la embarcación, contemplando los mismos peligros y alarmas. En la figura 18 izquierda, se muestra como el radar necesita un cierto grado de interpretación, por lo que es muy interesante, poder comparar su imagen sobre la de las cartas náuticas, para facilitar esta interpretación, como muestra en la figura 18 derecha.

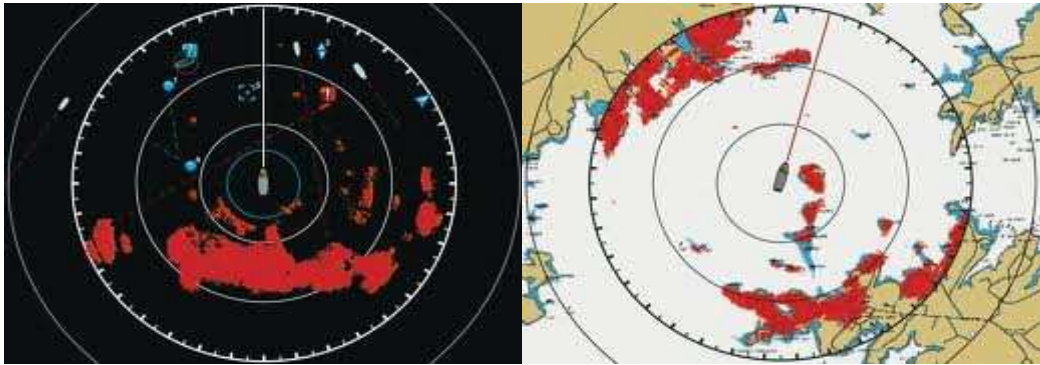


Figura 18. Solo radar (izquierda) – Radar sobre cartas náuticas (derecha), de Geonav.

Las empresas mencionadas, Raymarine, Furuno, Garmin, Navico o Geonav, también desarrollan antenas radar con procesadores digitales, preparados para conectarse a una red local con interfaz Ethernet, pero están codificando sus datos para protegerlos, impidiendo poder utilizar sus antenas radar sin su software, este aspecto tendrá que resolverse para poder representar su información.

Datos importantes para el SCADA desde la antena radar:

- a) Conocer datos radar
 - Interfaz LAN: Ethernet 100 BASE-TX
 - Tiempo de muestro: 0,06 - 0,8 μ s
- b) Control ON/OFF antena
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.11. Sonda náutica

Por ser una embarcación de recreo, muchos de los navegantes están interesados en conocer la fauna que hay bajo su embarcación, para pescar y bucear, o saber si pueden anclar su embarcación en un lugar que no conocen.

El sensor de profundidad solo informa de la distancia que hay al objeto más cercano situado bajo la embarcación. Pero en cambio, la sonda náutica genera una continua medición, fijada perpendicular a la embarcación, proporcionando una imagen de lo que hay situado debajo, como muestra la figura 19, pudiendo interpretar el fondo marino e incluso pequeños peces.

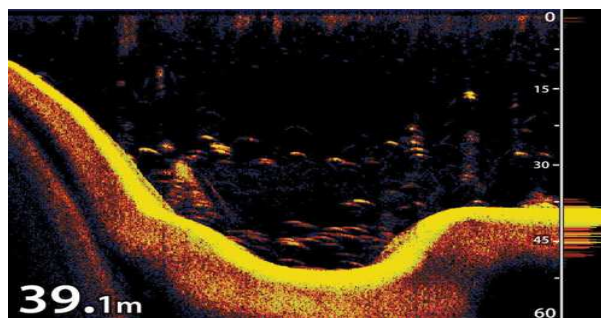


Figura 19. Imagen de la sonda náutica de Geonav.

Tener una imagen del fondo marino puede ayudar a decidir si es un buen sitio para amarrar la embarcación, o si se esta tan cerca del fondo que se puede quedar embarrancada. Por lo que será importante informar de estos peligros con sus respectivas alarmas.

Las sondas náuticas están compuestas por un transductor que envía y recibe la señal, y un módulo procesador encargado de interpretarla y enviarla a la red local.

Desarrollada por las empresas mencionadas en el radar y las cartas náuticas, que como ya se ha comentado codifican sus datos para protegerlos.

Datos importantes para el SCADA desde el procesador de la sonda náutica:

- a) Conocer datos sonda náutica
 - Interfaz LAN: Ethernet 100 BASE-TX
 - Tiempo de muestro: 0,1 – 5 ms
- b) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.12. Meteorología

Se pueden obtener datos meteorológicos como la temperatura, la presión o el viento, para así poder predecir variaciones meteorológicas y evitar que se complique la navegación por circunstancias climatológicas adversas, como tormenta, mucho viento o grandes olas.

Esto se consigue con sensores específicos de temperatura, presión o viento, o con una estación meteorológica que incluye estos sensores y esta preparada para transmitir por buses de campo.

Es necesario conocer las previsiones meteorológicas para crear alarmas cuando se detecten posibles complicaciones para la navegación, teniendo así la posibilidad de poder intentar ir a un lugar más seguro, como puede ser un puerto cercano.

Datos importantes para el SCADA desde la estación meteorológica:

- a) Conocer datos meteorológicos
 - Interfaz LAN: CANbus
 - Tiempo de muestro: 1 s
- b) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.13. Radio VHF

Un equipo de Radio VHF (*Very high frequency*) marino está formado por transmisor y receptor, que solo operan en las frecuencias de radio estándar internacional, conocidas como canales (entre 156 y 174 MHz), como el canal 16 (156.8 MHz) de llamadas internacionales y socorro. La radio se utiliza para una gran variedad de propósitos, incluyendo llamar a los servicios de rescate y

comunicarse con los puertos, esclusas, puentes, puertos deportivos y es muy utilizado para comunicarse con otros barcos y evitar colisiones.

Puede ser "sólo de voz" o puede incluir "Llamada Selectiva Digital (DSC)". El DSC es un protocolo global que utiliza el canal 70 (156.525 MHz) para transmitir y recibir mensajes digitales entre barcos y a las estaciones de tierra. Estos mensajes incluyen la identificación del barco, la situación (si esta conectado a un GPS) y objeto de la llamada, si es de socorro, aviso u otros.

El sistema debe alertar mediante alarmas cuando se recibe un mensaje digital DSC, por si hay que socorrer a otras embarcaciones que puedan necesitar ayuda o en caso de aviso, el peligro es para la propia embarcación.

Datos importantes para el SCADA desde la radio VHF:

- a) Comunicar con la radio
 - Interfaz LAN: CANbus
- b) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.14. Climatización

Se esta trabajando con el proyecto "Sistema HVAC para una embarcación de recreo" que se encarga de la climatización. Este proyecto, determina un circuito de tuberías con un líquido refrigerante, que une los diferentes equipos de climatización. El *chiller* enfría el refrigerante en verano y los *boilers* lo calientan en invierno, nunca trabajan juntos. Los *fan-coils* son los que generan el aire que enfría o calienta el ambiente y puede haber uno o varios por habitáculo.

El funcionamiento es: el refrigerante que sale del *chiller* o de los *boilers*, se conduce por las tuberías hasta los *fan-coils*, que son unos serpentines con un ventilador acoplado, por donde circula el refrigerante y se impulsan el aire, que pasa a través del serpentín, calentándolo o enfriándolo, hacia al interior del habitáculo. Por otra parte, el agua de mar se utiliza solo en verano, y sirve para refrigerar el condensador del *chiller*.

El control de temperatura se hace mediante el termostato, que controla el ventilador del *fan-coil*, el usuario fija una temperatura y el termostato se encarga de gestionar el sistema de climatización. Cuando el habitáculo llega a esa temperatura, se acciona una válvula en el *fan-coil*, que devuelve el refrigerante a la unidad de tratamiento.

Se instala un termostato de control en cada uno de los habitáculos a climatizar. Estos termostatos tienen conexión de bus de campo, tipo CANbus, para conectarse con el servidor. Se desea conocer la temperatura del habitáculo, enviar la temperatura de control a la que se quiere llegar y un control de encendido y apagado, pudiendo realizar también las acciones desde el mismo termostato.

Puede ser interesante alertar en las temperaturas extremas, para evitar que los habitáculos adquieran temperaturas inadecuadas para los tripulantes, pudiendo incluso activar de forma automática el sistema de climatización a partir de unos valores considerados.

Datos importantes para el SCADA desde los termostatos:

- a) Conocer temperatura habitáculo
 - Rango: -20 – 60 °C
 - Sensibilidad: 0,1 °C
 - Resolución entrada: 10 bits
 - Tiempo de muestro: 1 s
- b) Enviar temperatura control
 - Rango: -20 – 60 °C
 - Sensibilidad: 0,1 °C
 - Resolución salida: 10 bits
- c) Control ON/OFF termostato
 - Resolución salida: 1 bit

4.1.15. Iluminación

La iluminación de la embarcación es el último sistema seleccionado, para así poderlas encender y apagar desde el ordenador, por comodidad y para garantizar el estado de la luminaria de una manera sencilla, y así evitar consumos innecesarios, pudiendo incluso programar encendidos y apagados, o simular la actividad en la embarcación, como si hubiesen personas a bordo.

Unos PLC se encargan de su control, pudiendo gestionarlo incluso si no funciona la red de comunicaciones. Se crea un sistema en lazo cerrado, con sensores de corriente, que permiten conocer si cambia el estado de la salida cuando se le ordena, pudiendo así informar de las luminarias que estén estropeadas, de una manera cómoda desde la pantalla del ordenador.

El control de las luminarias, también se realiza desde los interruptores manuales del habitáculo, teniendo que obtener la información que proporcionan. Para que no se queden fijados en una posición, es mejor utilizar pulsadores, que transmiten una acción de cambio, siendo el PLC el que determine si hay que encender o apagar, la acción de control se realiza mediante un relé.

Datos importantes para el SCADA desde los PLC:

- a) Control ON/OFF
 - Resolución salida: 1 bit
- b) Conocer estado luminaria
 - Resolución entrada: 1 bit
 - Tiempo de muestro: 5 s
- c) Conocer estado pulsador
 - Resolución entrada: 1 bit
 - Tiempo de muestro: 300 ms

4.2. Red de comunicaciones

Para poder compartir la información de estos sistemas es necesario comunicarlos con una red de comunicación, formada por un conjunto de equipos informáticos, conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben datos, para compartir información y recursos, minimizando el cableado, y asegurando la confiabilidad y la disponibilidad de la información a distancia.

4.2.1. Características

La red de comunicaciones que se necesita para la embarcación de recreo se define con las siguientes características:

- a) *Alcance*, su extensión esta limitada físicamente por el casco de la embarcación de recreo, por lo que se considera una red de área local LAN (del inglés *Local Area Network*), ya que medirá entre 10 y 200 metros.
- b) *Tipo de conexión* a través de medios guiados. Se necesita minimizar al máximo las interferencias, por lo que se escoge como solución STP (*Shielded Twisted Pair* o Par trenzado apantallado), se trata de 8 cables de cobre trenzados a pares y aislados dentro de una cubierta protectora, diseñado para reducir la absorción de ruido eléctrico y suficientemente rígido para soportar duras condiciones, con conectores RJ-45 de 8 pines, resistentes al agua si es necesario. Se descarta la fibra óptica, ya que es muy frágil para las duras condiciones de la embarcación.

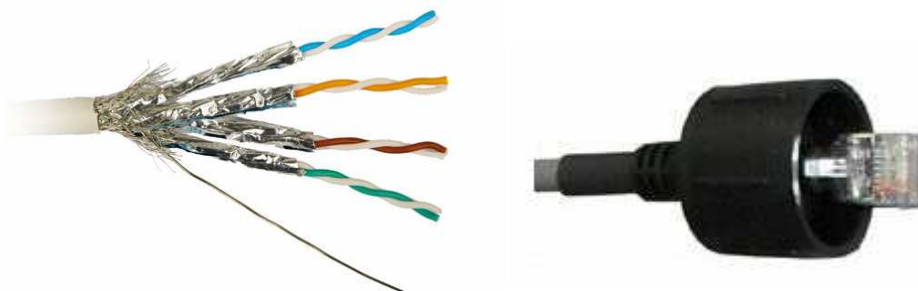


Figura 20. Cable STP (izquierda) - Conector RJ-45 (derecha), de Raymarine.

- c) *Relación funcional*, tipo cliente-servidor, donde todos los clientes están conectados a un servidor principal que centraliza los diversos recursos y aplicaciones, y los pone a disposición de los clientes cada vez que estos los solicitan. Se encarga de gestionar y determina los clientes que tienen prioridad, los archivos que son de uso público o restringido, los que son de sólo lectura o se pueden modificar, etc... Además, se utiliza un cliente como servidor redundante, por si el servidor principal falla, este pueda seguir gestionando la información.

- d) *Topología*, se necesita poder conectar los equipos por toda la embarcación, por lo que se escoge una red principal tipo bus, instalada con los cables de potencia, por los laterales del interior del casco. Y redes secundarias, también tipo bus, conectadas a la red principal con pasarelas de enlace, ya que tienen diferente protocolo.

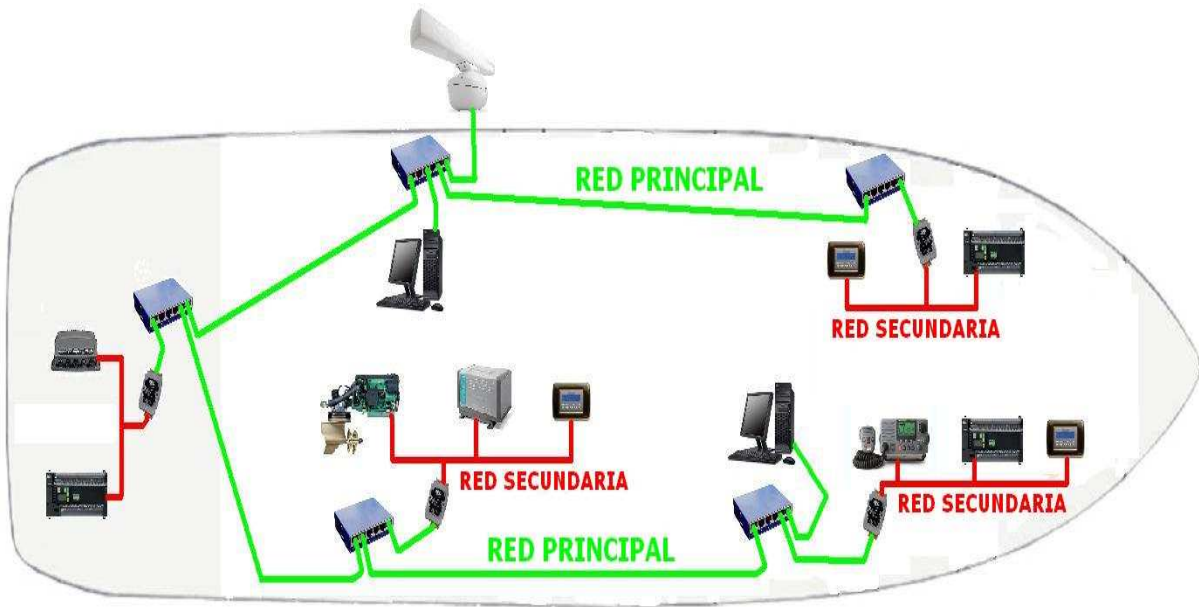


Figura 21. Topología red de comunicación.

- e) *Direccionalidad* de los datos entre el emisor y el receptor. La tipo *Full-Duplex* permite que ambos puedan transmitir y recibir información, pudiendo así leer los datos que proporcionan los equipos y enviar las órdenes oportunas.
- f) *Grado de autenticación*, es una red privada, que solo pueden usarla algunas personas registradas con clave de acceso personal.
- g) *Grado de difusión*, se utiliza como red interna de la embarcación (Intranet). Pero puede interesar comunicar con el exterior (Internet), si esto sucede, es muy importante disponer de un buen cortafuegos para evitar intrusiones, el servidor de ClearSCADA dispone de uno, por lo que no deberían poder acceder al control de la embarcación, pero también es necesario, que el sistema operativo del ordenador principal disponga de uno propio.
- h) *Servicio o función*, red destinada al proceso de datos, que proporciona un interfaz para intercomunicar equipos que vayan a compartir su información.

4.2.2. Protocolos

Un protocolo es una regla normalizada o estándar, que permite la comunicación entre los diferentes equipos que forman la red de comunicaciones, puede ser

definido como las reglas que dominan la sintaxis, semántica y sincronización de un canal de comunicación.

Para poder determinar los protocolos que se van a utilizar, hay que tener en cuenta los que se están utilizando en los equipos marinos, SeaTalk, Garmin Network, NavNet, NMEA o SimNet, estos son protocolos propietarios (privados), y no pueden utilizarse sin pagar por ellos. Como lo que se plantea es implementar una red en la que se pueda conectar cualquier equipo, no interesa estar limitado a un protocolo propietario, por lo que hay que tener en cuenta las tendencias que se ofrecen en otros campos.

En la automatización industrial, hasta hace poco se comunicaba usando uno de los varios posibles protocolos abiertos (libres) o de propiedad, tales como Modbus, Profibus, CANbus, DeviceNet o Fieldbus, sin embargo, ahora hay un interés creciente en el uso del estándar Ethernet como el protocolo de capa física y de enlace, con uno de los protocolos anteriores para el nivel de aplicación, por lo que se han creado lo que se denomina Industrial Ethernet Protocols, ofreciendo diversos protocolos libres. Las empresas de equipos marinos ya plantean esta alternativa con SeaTalk HS, Garmin Network o NavNet, aunque codifican los paquetes de datos para privatizarlos y comunicar solo con sus equipos.

Algunas de las ventajas de la utilización de Ethernet Industrial son:

- Aumento de la velocidad de los datos.
- Incremento de la distancia entre equipos.
- Posibilidad de utilizar equipos estándar como *routers*, *switches*, *hubs* o cables, que son más baratos.

Las dificultades de la utilización de Ethernet Industrial son:

- Migración de los sistemas existentes a un nuevo protocolo, sin embargo, muchos adaptadores están disponibles.
- La gestión de un conjunto TCP / IP es más compleja que la serie.
- La velocidad mínima de transmisión de Ethernet es de unos 80 bytes, mientras que los tamaños de los datos típicos, pueden estar más cerca de 1-8 bytes. Habiendo un uso de la transmisión de datos inferior al 10%.
- Algunos de los protocolos de Ethernet Industrial han introducido modificaciones en el protocolo Ethernet para mejorar la eficiencia.

Por estas razones, Ethernet Industrial no se puede utilizar para conectar todos los equipos, primero es necesario clasificar los equipos según sus requerimientos, para poder distinguir los diferentes niveles que se pueden encontrar en la embarcación y plantear los protocolos que mejor se adaptan a sus necesidades. Esto se consigue planteando un enfoque según la pirámide de jerarquías tipo CIM (manufactura integrada por computador), donde los niveles se determinan por las características de la figura 22.

	Tiempo de Refresco		Número de Nodos	Costo de Hardware y Software	Cantidad de Datos por Transmisión	Vida del último Dato
1	min	h	50	Miles €	MByte	Año(s)
2						
3						
4						
5	us...ms		500	€	Byte...Bit	ms...µs

Figura 22. Características de la pirámide de jerarquías tipo CIM.

Todos los equipos de un mismo nivel, deben tener comunicación directa con un mismo protocolo de comunicación, y con los de los niveles superior e inferior, aunque no compartan el mismo protocolo, si no lo comparten necesitaran una pasarela de enlace.

Con las características anteriores, se pueden clasificar los diferentes equipos de la embarcación de recreo, definiendo cada uno de los niveles.

Tabla 5. Clasificación de los equipos por niveles jerárquicos tipo CIM.

	Niveles	Equipos	Protocolos
1	Exterior	Internet	Red de datos
2	Gestión información	PC Servidor (base de datos)	Red de datos
3	Supervisión y Control	PC Cliente Radar Sonda náutica PLC	Red de datos
4	Células de Campo	Motores Grupo electrógeno Termostatos Estación meteorológica Ordenador de rumbo AIS Radio	Bus de Campo
5	Dispositivos de Campo	Sensores Actuadores	Comunicación sensores

Por lo tanto, se decide agrupar los protocolos en tres tipos, indicando el grado de privacidad del código:

1. **Red de datos:** Protocolos pensados para trabajar en red, con muy poca actualización de los datos, pocos nodos de comunicación, elevados costes de los equipos, muchos datos a transmitir y larga vida del dato. Para esta red de datos se utilizan protocolos basados en tecnología Ethernet como se ha mencionado. Estos son algunos ejemplos:
 - SeaTalk HS, protocolo privado de Raymarine.
 - Garmin Network, protocolo privado de Garmin.
 - NavNet, protocolo privado de Furuno.
 - EtherNet/IP, protocolo libre.
 - ProfiNet, protocolo libre.
 - Ethernet Powerlink, protocolo libre.
 - EtherCAT, protocolo libre.
 - Modbus-TCP, protocolo libre.
2. **Bus de campo:** Protocolos pensados para trabajar en buses fácilmente ampliables y modificables, con unas características intermedias entre estos tres tipos. Para los buses de campo se utilizan protocolos basados en tecnología CANbus (Controller Area Network). Algunos ejemplos:
 - SeaTalk NG, protocolo privado de Raymarine.
 - SimNet, protocolo privado de Navico.
 - NMEA2000, protocolo privado de National Marine Electronics Association.
 - CANopen, protocolo libre.
 - DeviceNet, protocolo libre.
 - ControlNet, protocolo libre.
 - Profibus, protocolo libre.
 - Modbus-RTU, protocolo libre.
 - Fieldbus, protocolo libre.
3. **Comunicación sensores:** Protocolos pensados para conectar directamente con los sensores y actuadores, con una actualización rápida, muchos nodos de comunicación, bajos costes de los equipos, pocos bits a transmitir y una corta vida de los datos. Estos son algunos ejemplos:
 - NMEA0183, protocolo privado de National Marine Electronics Association.
 - SeaTalk, protocolo privado de Raymarine.
 - AS-i, protocolo libre.

Con la aparición de los equipos electrónicos en el sector de las embarcaciones de recreo, se empezó a crear la necesidad de una red de comunicación para compartir sus datos. Al principio, cada empresa diseñaba sus propios protocolos privados y podía conectar solo con sus propios equipos.

La *National Marine Electronics Association* (NMEA), presenta en 1983 el primer estándar privado NMEA0183, que define una interfaz eléctrica y de datos de protocolo para comunicaciones entre diferentes tipos de instrumentación marina. Aunque debido a sus reducidas prestaciones, solo comunica a nivel de comunicación de sensores.

Por este motivo, en 2001 se lanza la nueva versión, el estándar privado NMEA2000, con mejores prestaciones, para ser utilizado en pequeñas redes tipo bus de campo, permitiendo conectar equipos de diferentes fabricantes.

En la actualidad, por un lado, se pueden conectar los equipos de diferentes fabricantes utilizando los protocolos privados NMEA, NMEA0183 para el nivel de comunicación de sensores y NMEA2000 para el de bus de campo. Pero por el otro lado, para el nivel la red de datos, los fabricantes de equipos electrónicos marinos, están empezando a implementar protocolos privados tipo Ethernet Industrial, impidiendo conectar equipos de varios fabricantes, ya que están codificando sus datos.

Como ha ido pasando durante la evolución de NMEA, también se necesita un protocolo que permita conectar equipos de varios fabricantes a nivel de red de datos. Aunque se considera necesario, cambiar el concepto de privatización de los mismos, ya que hay en disposición una gran variedad de protocolos libres, utilizados en situaciones muy diversas, sobretodo en el sector de la automatización industrial, donde proporcionan una gran fiabilidad en la transmisión de los datos.

Utilizar protocolos de código libre, derivaría la actual rivalidad entre fabricantes, a una futura competencia entre equipos, obligando a los fabricantes a mejorar todos sus equipos y permitiendo a nuevas empresas especializarse en equipos concretos.

El propósito de este estudio no es escoger un protocolo, sino más bien plantear la problemática para poder realizar un estudio posterior en profundidad.

4.2.3. Equipos informáticos

Una red de comunicación necesita ser gestionada por equipos informáticos, programados para comunicar los equipos a través de los diferentes protocolos y arquitecturas de la red. A continuación, se introducen los necesarios para la red de comunicaciones de una embarcación de recreo.

1. *Ordenadores (PC)*: Hay que distinguir entre el ordenador principal (PC servidor) y los ordenadores secundarios (PC clientes). Suelen ser iguales, pero el PC servidor tiene instalado el software servidor del ClearSCADA, responsable del sistema SCADA, y proporciona la programación necesaria para las aplicaciones y la red de comunicación, pero para este caso, se instala también el software servidor en los PC clientes, para que en caso de fallo del

PC servidor, puedan asumir de forma temporal sus privilegios como servidor redundante.

Debido a las duras condiciones que se presentan en una embarcación, se utilizarán ordenadores industriales preparados para este tipo de ambientes, diseñados para los procesos de control y adquisición de datos, aunque también se puede conectar un ordenador portátil, como cliente adicional. ClearSCADA necesita que todos cumplan como mínimo los siguientes requisitos:

- Procesador CPU de 2GHz
 - Memoria RAM de 512MBytes
 - Espacio libre en el disco duro 500MB
 - Tarjeta gráfica de alto rendimiento
 - Tarjeta de red para enviar y recibir datos, siguiendo un estándar específico como es Ethernet.
2. *Switch*: Es un dispositivo lógico digital de interconexión de redes. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes (*bridges*), pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino. Es capaz de aprender y almacenar muchas direcciones MAC de los dispositivos alcanzables por cada uno de los puertos, para mejorar las transmisiones futuras. Y permite que múltiples segmentos físicos de LAN se interconecten para formar una sola red de mayor tamaño. Pueden conectarse unos a los otros, pero siempre hay que hacerlo de forma que exista un único camino entre dos puntos de la red. En caso de no seguir esta regla, se forma un bucle en la red, que produce la transmisión infinita de tramas de un segmento al otro. Estos dispositivos utilizan el algoritmo de *spanning tree* para evitar bucles, haciendo la transmisión de datos de forma segura.
3. *Gateway*: Para poder unir redes con diferentes protocolos y arquitecturas, se utilizan pasarelas de enlace (del inglés *Gateway*), son dispositivos que permiten traducir la información de una red a otra. Se utilizarán para enlazar los diferentes niveles de protocolos que se encuentran en la red, principalmente los diferentes buses de campo con la red de datos.

4.2.4. Esquema de conexión

Se determina un ejemplo de conexión de los diferentes equipos, corresponde al 'plano 3' del documento 'Planos'. Donde se pueden distinguir los tres niveles de redes que se encuentran en la embarcación, y 5 recuadros, numerados del 1 al 5, correspondientes a los subcuadros eléctricos, encargados de distribuir la información, por los diferentes tramos de red, y proporcionar la energía eléctrica a todo el sistema.

Estos subcuadros, están conectados a las redes principales de datos y potencia eléctrica, y distribuyen a las redes secundarias de su zona, conectando siempre los sistemas al subcuadro más cercano, para reducir cableado.

En este esquema, se distinguen cinco zonas, colocando un subcuadro en cada una. Aunque dependiendo de las necesidades concretas de la embarcación, se tendrán que instalar más o menos subcuadros.

1. Zona puesto de mando de la cubierta principal, donde se encuentra el ordenador principal, el radioteléfono, el AIS y los habitáculos de estribor.
2. Zona sala de máquinas, motores de propulsión y grupos electrógenos.
3. Zona salón-cocina, para los termostatos cercanos, el ordenador de rumbo y un posible control con el PLC de los electrodomésticos.
4. Zona habitáculos babor-proa, para cubrir los equipos de esta zona, como pueden ser los termostatos o la sonda náutica.
5. Zona *flybridge*, ordenador secundario, antena radar y estación meteorológica.

Cada subcuadro, incorpora un *switch*, para unir los diferentes tramos que forman la red principal, un *gateway*, que comunica el protocolo de la red principal con el protocolo del bus de campo, y un PLC, como procesador de la información, de todos los sistemas de su zona que lo necesiten y no dispongan de uno, como son las tomas de corriente, las luminarias, las baterías, los niveles de los depósitos o los sensores de proximidad.

4.3. Red de potencia eléctrica

La red de potencia eléctrica, es determinada por el proyecto "Diseño de una nano-red eléctrica para embarcaciones de recreo", a continuación, se introducen un resumen con los aspectos considerados.

4.3.1. Características

Se detalla, una red eléctrica principal, que alimenta los subcuadros que distribuyen la energía a la embarcación, estos subcuadros son los mismos para la red de datos.

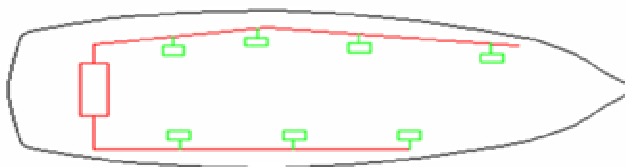


Figura 23. Cables paralelos de la red de potencia eléctrica.

Se escoge la topología conocida como cables paralelos, como muestra la figura 23, dividiendo la instalación en la zona de estribor y la de babor, proporcionando menor longitud de cable, una reducción de su sección, repartiendo las cargas y minimizando el número de cuadros afectados en una avería.

4.3.2. Tensiones utilizadas

Cada una de las zonas suministra corriente continua y alterna.

Se ha escogido para la línea de corriente continua, la tensión de 24 V, suministrada por baterías tipo AGM.

Se distinguen tres tipos de grupos de baterías:

- Baterías de los motores de combustión, para su encendido.
- Baterías de emergencia, para suministrar corriente continua durante un mínimo de 3 horas.
- Baterías de servicio, que son las que alimentan directamente los equipos.

Y para la línea de corriente alterna monofásica, una tensión de 230 V a 50 Hz, proporcionada por inversores, grupos electrógenos o la conexión directa con el puerto.

4.3.3. Distribución

Estudiando las diferentes funcionalidades que presenta una embarcación, se determina, que para embarcaciones provistas de aire acondicionado y calefacción se realizara una instalación con cuatro líneas de alimentación eléctrica, como se puede observar en el 'plano 4' del documento 'Planos':

- Línea de emergencia GDMSS: Alimenta los equipos para la navegación y la luminaria de la embarcación, cuando se queda sin suministro.
- Línea de corriente alterna: Proporciona tensión en la tomas de corriente.
- Línea de corriente continua: Alimenta a todos los equipos electrónicos de la embarcación.
- Línea de climatización: Alimenta directamente al circuito de aire acondicionado y calefacción, con un grupo electrógeno, por su elevado consumo.

Las tomas de corriente tienen una doble alimentación, ya que siempre que la energía acumulada en las baterías lo permita, se alimentan a partir de ellas, pasando previamente por un inversor. En el caso contrario se activa el generador, que es el encargado de suministrar la tensión a las tomas de corriente, a la vez que carga las baterías.

CAPÍTULO 5: EJEMPLO DE APLICACIÓN

5.1. Detalles sistemas desarrollados

Para concluir, se realiza un ejemplo de aplicación, para poder observar mejor las opciones que ofrece ClearSCADA en sistemas SCADA.

Pero primero, es necesario detallar algunos sistemas, ya que muchos no disponen de un propio procesador digital de la información, sino que utilizan alguno de los PLC distribuidos por la embarcación, siendo necesario determinar las conexiones con sus entradas y salidas.

Los niveles de los depósitos, los sensores de proximidad y las tensiones de las baterías, necesitan una entrada analógica del PLC, conectando siempre con el PLC más cercano. Para la desconexión de las baterías, también se necesita una salida de PLC, para controlar un relé, como muestra la figura 17 de la pagina 52. Pero hay otros casos más complejos, como las tomas de corriente o las luminarias, que se especifican a continuación.

5.1.1. Tomas de corriente

Las tomas de corriente se encuentran por toda la embarcación, es interesante controlarlas de forma individual o por zonas, para limitar los consumos máximos, evitando que el grupo electrógeno se sobrecargue.

Se realiza un ejemplo, gestionando unas prioridades para los electrodomésticos, para reducir el consumo que se crea, cuando se conectan varios a la vez. Esto se puede conseguir con sensores de corriente que detecten los consumos, para determinar un orden de preferencia y realizar las acciones de control. Por ejemplo, si se esta utilizando la lavadora y se enciende el horno de inducción, se cortará el suministro eléctrico a la lavadora, para que solo este funcionando el horno.

Así que, se controlan los electrodomésticos a partir del control de las tomas de corriente que los alimentan, según el esquema de conexión de la figura 24. Como se puede observar, un relé es el encargado final que permite que la toma de corriente tenga tensión. No se utilizan los contactos de salida del PLC, ya que los electrodomésticos pueden consumir más potencia que la soportada por el

PLC. Un sensor de corriente determina si hay consumo de potencia eléctrica, esto quiere decir que ese electrodoméstico está en funcionamiento. Este esquema es para el control de una única toma de corriente, tienen que haber tantos sensores y relees como tomas de corriente se quieran controlar.

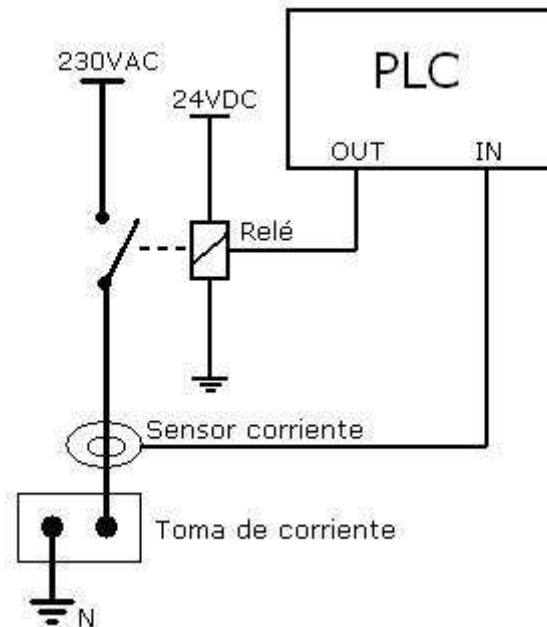


Figura 24. Esquema conexión toma de corriente.

Ahora ya se puede plantear su diagrama GRAFCET, escogiendo seis prioridades a controlar, donde 1 es máxima prioridad y 6 es mínima. Los relees (P1, P2,..., P6) indican si se permite tensión en la toma de corriente, los sensores de corriente (S1, S2,..., S6) determinan si hay consumo y una orden adicional "OFF" de ClearSCADA, para denegar los permisos. El diagrama GRAFCET resultante corresponde al 'plano 1' del documento 'Planos', donde se puede observar la secuencia de las etapas y se definen los diferentes electrodomésticos escogidos con sus prioridades.

Primero se da permiso al de mayor prioridad (P1), si no presenta consumo se da permiso al siguiente, y así sucesivamente, en caso de que alguno esté consumiendo potencia eléctrica, se denegará el permiso a los de inferior prioridad, si mientras, se crea un consumo de una prioridad superior, se interrumpe el de menor prioridad para dar paso al de mayor.

Una vez finalizado el GRAFCET se puede plantear el diagrama Ladder resultante, correspondiente al 'plano 2' del documento 'Planos'. Este Ladder se utiliza para poder programar las diferentes etapas en la memoria del PLC, ya que indica la secuencia y como se activan (S) y desactivan (R) las etapas.

En la actualidad, los electrodomésticos no disponen de procesadores propios, pero podrían disponer de ellos, para no tener que controlarlos desde las tomas de corriente, pudiendo así gestionarlos a través de la red de comunicaciones.

5.1.2. Iluminación

En la iluminación, se controla el encendido y el apagado de las luminarias de la embarcación, conectándolas a los diferentes PLC que se distribuyen por ella. Como pasa con las tomas de corriente, en este caso también se utiliza un relé para permitir encender una o varias luminarias, y un sensor de corriente para comprobar su estado y verificar su correcto funcionamiento, creando así un control en lazo cerrado. Además, se le pueden añadir pulsadores que permitan el control manual desde el propio habitáculo, estos transmiten una acción de cambio, siendo el PLC el que determine si hay que encender o apagar, pudiendo conectar varios en paralelo en una única entrada, como muestra la figura 25, u ocupando varias entrada del PLC.

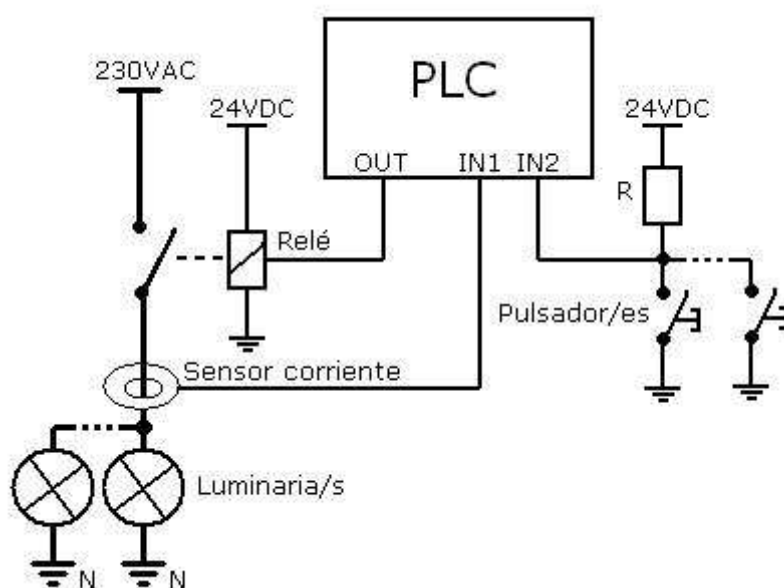


Figura 25. Esquema conexión luminarias.

También se podrían conectar los pulsadores a otro PLC, ya que están conectados por la red de comunicaciones, pero de esta manera, en caso de fallo de red no se podrían utilizar, en cambio, si están conectados a un mismo PLC, si que seguirían funcionando, ya que el PLC se programa para que pueda asumir tareas de control lógico.

En este caso no es necesario un diagrama GRAFCET, ya que el control es directo, cuando se activa un pulsador o una orden interna de ClearSCADA, se cambia el estado del relé, pero si que es necesario utilizar un temporizador interno del PLC, para eliminar los rebotes que se crean con un pulsador. El sensor se utiliza para verificar con el servidor el correcto funcionamiento de las luminarias, y poder informar de las luminarias que estén estropeadas.

5.2. Diseño del entorno gráfico

Una vez se han definido los diferentes sistemas, ya se puede diseñar un entorno gráfico para este ejemplo de aplicación.

5.2.1. Criterios de diseño

Un entorno gráfico, es el encargado de transmitir toda la información del sistema SCADA al capitán, y también tiene que proporcionar las acciones de control que pueda necesitar. Por lo que tiene que ser visualmente sencillo de interpretar y cómodo de utilizar por cualquier usuario, pero permitiendo realizar tareas complejas de una manera sencilla. El entorno gráfico establece el interfaz entre la persona y el sistema SCADA. Esto se consigue utilizando imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles, programados para realizar las tareas deseadas.

Cada sistema está representado por una palabra clave con un icono representativo. Un menú principal, situado en la parte inferior de la pantalla, proporciona un acceso rápido a los diferentes sistemas.



Figura 26. Menú principal.

Las imágenes tienen que ser lo más grandes posibles, para facilitar su utilización, ya que la embarcación está en un constante movimiento provocado por el oleaje y puede ser muy fácil equivocarse, además, no se puede garantizar una posición concreta del usuario que está utilizando el entorno gráfico, pudiendo estar sentado, de pie, cerca o lejos.

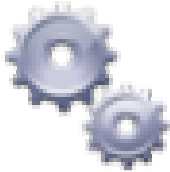



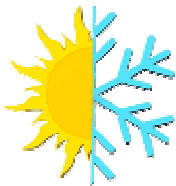
Hay que diferenciar si el usuario que está utilizando el entorno es el capitán o una persona de la tripulación, creando diferentes privilegios para cada uno.

5.2.2. Características de los sistemas a supervisar/controlar

Para determinar las características de los sistemas a controlar y/o supervisar, se ha creado la siguiente tabla en la que se definen diferentes pantallas, una por cada sistema, aunque algunas se agrupan en "Navegación" y "Electricidad" y se le añade con una pantalla adicional destinada a las "Alarmas", para informar del estado de toda la embarcación. A estas pantallas se le asigna un nombre con un icono relacionado, las variables que se van a declarar en ella, con sus respectivas animaciones, y las alarmas que pueden generar.

Como la finalidad de este diseño es mostrar las funcionalidades que ofrece ClearSCADA a este proyecto, se resume la tabla a unos pocos sistemas en modo de ejemplo.

Tabla 6. Características de algunos sistemas con ClearSCADA.

Pantalla	Icono	Variables	Animaciones	Alarmas
2. Motores (datos de los motores)		Revoluciones (analógica) 1x motor Temperatura (analógica) 1x motor ON/OFF motores (digital) 1x motor Depósitos Combustible (ver 4. Depósitos)	Cuenta revoluciones. Termómetro. Interruptor ON/OFF Indicador de nivel	Crítica, alta y media para proteger los motores.
3. Electricidad		ON/OFF General (digital) ON/OFF AC (digital) ON/OFF DC (digital)	Interruptor ON/OFF	--
3.1. Baterías		Tensión (analógica) ON/OFF Baterías (digital)	Indicador del voltaje. Interruptor ON/OFF	Crítica, alta y media para la energía de las baterías.
4. Depósitos		Nivel (analógica) 1x Aguas Limpias 1x Aguas Grises 1x Aguas Negras 1x Depósito Combustible	Depósitos con nivel.	Alta, media y baja para los niveles extremos. Y crítica para la falta de combustible.
6. Climatización		Termostato ON/OFF (digital) 1x termostato Temperatura real (analógica) 1x termostato Temperatura control (analógica) 1x termostato	Termostato ON(verde)/OFF(rojo). Siempre visible. Se modifica con el "Hand Control..."	Alta y media para temperaturas extremas.

5.2.3. Características generales del entorno gráfico

Antes de comenzar a desarrollar el entorno gráfico, es necesario definir algunas características generales que ofrecerá este entorno.

Se determinan los diferentes colores que se utilizan para distinguir de forma visual el estado de la alarma. Además también se le añade parpadeo para las alarmas no reconocidas.

- *Rojo*, para prioridades críticas y altas que no han sido reconocidas.
- *Naranja*, para prioridades medias y bajas que no han sido reconocidas.
- *Amarillo*, para reconocidas pero no resueltas.
- *Verde*, para alarmas resueltas por el sistema pero no reconocidas.

También se establecen los siguientes usuarios, con diferentes privilegios. Transcurrido un tiempo de inactividad todos los usuarios pasan a ser Tripulación.

- *Desarrollador*, con todos los privilegios.
- *Capitán*, sin los privilegios de desarrollo, pero puede hacer acciones y reconocer alarmas.
- *Tripulación*, solo puede moverse por el entorno gráfico, no pueden hacer acciones ni reconocer alarmas.

El menú principal de la figura 26, situado en la parte inferior de la pantalla, está siempre visible en la misma posición, para proporcionar un acceso rápido y cómodo a los diferentes sistemas que forman el SCADA.

También son necesarios botones para ir a la pantalla principal, a la pantalla anterior, para cambiar de usuario y contraseña y para salir, están representados con iconos visibles en todo momento situados en la parte superior de la pantalla.

5.2.4. Desarrollo del entorno gráfico

Cumpliendo las características nombradas, se han desarrollado las pantallas que forman el entorno gráfico. En las figuras siguientes se observan algunas de ellas, que transmiten la sencillez visual de un entorno SCADA, pero proporcionando gran cantidad de información y permitiendo realizar acciones complejas.

Para situar mejor algunos de los controles, como son los de la climatización o iluminación, se ha escogido una embarcación modelo de la gama Squadron 65 de Fireline, para utilizar sus planos.

Como se puede observar en las figuras siguientes, ClearSCADA se adapta al tamaño de la pantalla del ordenador, permitiendo utilizar la barra principal de Windows, pudiendo así tener más ventanas abiertas, por si se quiere consultar algún manual, utilizar aplicaciones o incluso ejecutar programas. Aunque esto tiene un peligro, ya que puede limitar las características mínimas que necesita ClearSCADA, por lo que es necesario que en el ordenador principal se impida la instalación de programas sin contraseña.

La figura 27 muestra los datos de los dos motores, con galgas de visualización se muestran sus revoluciones y los niveles de combustible de los depósitos, representando en ellas los niveles de alarma, también hay unas barras proporcionales correspondientes a las temperaturas de los motores y unos interruptores que permiten generar la acción de encendido y apagado de estos.

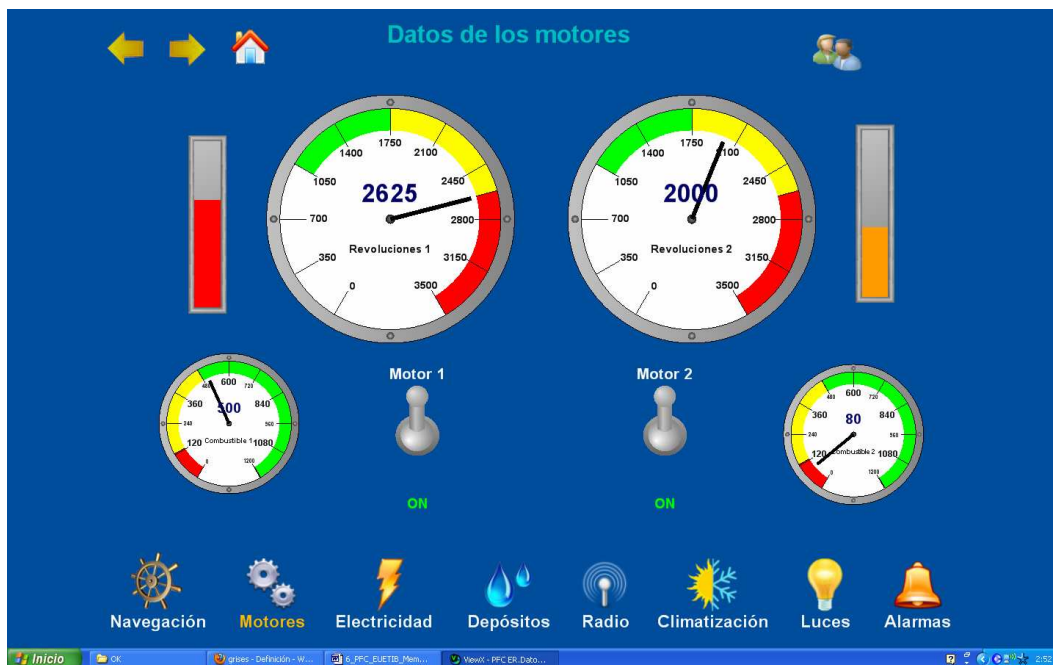


Figura 27. Datos de los motores.

Los niveles de todos los depósitos se muestran en la pantalla correspondiente a la figura 28, diferenciando claramente con colores sus diferentes estados.

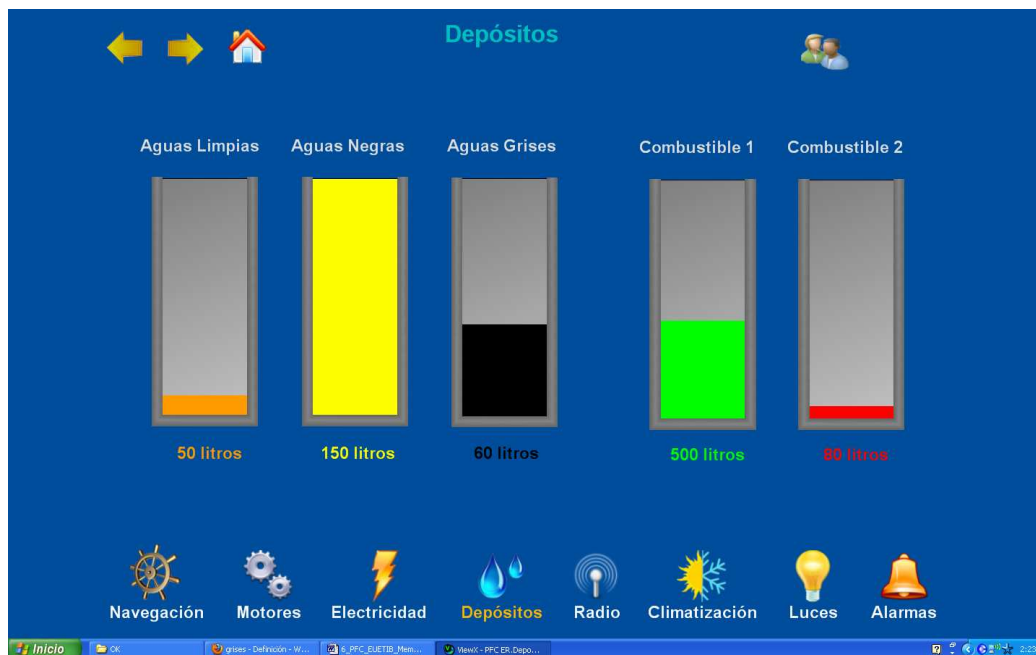


Figura 28. Niveles de los depósitos.

La pantalla de climatización de la cubierta inferior, es la de la figura 29, donde se han situado los termostatos de cada habitación que se desea climatizar. Estos termostatos muestran si están apagados (rojo) o encendidos (verde), y la temperatura del habitáculo, y en caso de estar encendidos, aparece la temperatura de control que se puede modificar.



Figura 29. Climatización cubierta inferior.

Otra de las pantallas que se ha diseñado es la que muestra la iluminación de la cubierta principal, permitiendo poder encender y apagar las diferentes luminarias que se encuentran.



Figura 30. Iluminación cubierta principal.

CAPÍTULO 6: CONSIDERACIONES FINALES

6.1. Conclusiones y posibles mejoras

Se han conseguido grandes resultados, teniendo en cuenta que se desconocían los equipos náuticos y los sistemas SCADA.

Haber interactuado con otros proyectos, ha permitido hacer el conjunto mucho más enriquecedor, ya que se han compartido ideas, opiniones y gustos, pudiendo así observar la problemática desde un sentido más amplio y facilitando el desarrollo de cada proyecto.

Una vez finalizado, se puede concluir que un sistema SCADA mejora la seguridad de las embarcaciones de recreo, ya que analiza los diferentes sistemas considerados y alerta progresivamente de los peligros que pueden presentar, estas alertas permiten que el capitán esté informando de una manera rápida y cómoda, incrementando también su nivel de bienestar como navegante, por lo tanto su confort. Además, el hecho de permitir controlar estos sistemas desde la pantalla del ordenador, de una manera sencilla, pero realizando acciones complejas, incrementa aún más la sensación de confort.

Debido a la magnitud del proyecto, no se ha podido profundizar en muchos aspectos, pero se ha intentado transmitir, que un sistema SCADA es una solución a las problemáticas actuales que sufren las embarcaciones de recreo, ofreciendo una rápida adaptación a sus estructuras y equipos, pudiendo desarrollar una solución a medida, reflejando claramente los gustos y preferencias de la persona que lo utiliza, por lo que presenta grandes expectativas de adaptación para el futuro.

Se han dimensionado los aspectos que incluye el sistema SCADA para una embarcación de recreo, para que otros proyectos puedan profundizar más en los sistemas seleccionados, ofreciendo una metodología de desarrollo, aplicación e instalación del sistema SCADA, solventando los problemas de comunicación y de visualización de algunos sistemas.

6.2. Referencias consultadas

Dada la innovación que se busca en este proyecto, no se han realizado consultas bibliográficas, sino que se han buscado referencias de consulta en Internet y en la 49ª edición del salón náutico internacional de Barcelona.

- ABB, fabricante de tecnologías electrotécnicas y de automatización. <http://www.abb.com/> (accessed January, 2011)
- Barcelona World Race, regata a vela al voltant del món a dos sense escales. <http://www.barcelonaworldrace.org/> (accessed May, 2011)
- Caterpillar Marine Power Systems, fabricante de motores y sistemas de generación marítimas. <http://espana.cat.com/> (accessed March, 2011)
- CharterWorld, luxury yacht charter & sales. <http://www.charterworld.com/> (accessed July, 2011)
- ClearSCADA, software SCADA. <http://www.clearscada.com/> (accessed July, 2011)
- Control Software, organización técnica de asesoramiento, suministro y soporte de software SCADA. <http://www.controlsoftware.es/> (accessed June, 2011)
- Direct Industry, el salón virtual de la industria. <http://www.directindustry.es/> (accessed June, 2011)
- Disvent Ingenieros, distribución de equipos electrónicos. <http://www.disvent.com/> (accessed June, 2011)
- Enernaval Ibérica, distribuidor de equipos de electricidad. <http://www.enernaval.es/> (accessed March, 2011)
- EtherPower, empresa vinculada al sector de las comunicaciones. <http://www.etherpower.com.ar/> (accessed April, 2011)
- Fondear, portal náutico. <http://www.fondear.com/> (accessed July, 2011)
- Furuno, fabricante de equipos electrónicos náuticos. <http://www.furuno.es/> (accessed June, 2011)
- Garmin, fabricante de equipos electrónicos náuticos. <http://www.garmin.com/es/> (accessed June, 2011)
- GE Intelligent Platforms, technology company and a global provider of software, hardware, services, and expertise in automation and embedded computing. <http://www.ge-ip.com/> (accessed January, 2011)
- Geonav, navigation technology. <http://www.geonavmarine.com/> (accessed June, 2011)
- Grupo Argonautica, distribución de equipos electrónicos. <http://www.lanautica.com/> (accessed June, 2011)
- InfoPLC, portal web de Automatización Industrial. <http://www.infoplcn.net/> (accessed July, 2011)
- MAN marine engines, fabricante de motores. <http://www.man-engines.com/> (accessed March, 2011)
- Maretron, designs, manufactures, and markets leading-edge vessel monitoring and control systems for recreational boating. <http://www.maretron.com/> (accessed May, 2011)
- Nacional Instruments, industry-leading software automation and hardware with an extensive collection of services and support solutions. <http://www.ni.com/> (accessed June, 2011)
- NauticExpo, El salón virtual del nautismo y del sector marítimo. <http://www.nauticexpo.es/> (accessed June, 2011)

- Navico, marine electronics company. <http://www.navico.com/> (accessed June, 2011)
- OMRON, proporciona productos y servicios en automatización industrial y en la industria de componentes electrónicos. <http://industrial.omron.es/> (accessed May, 2011)
- Palladium Technologies, monitoring and control requirements of modern megayachts. <http://www.palladiumtechs.com/> (accessed May, 2011)
- Raymarine, fabricante de equipos electrónicos náuticos. <http://www.raymarine.com/> (accessed June, 2011)
- SAM Electronics - Lyngsø Marine, pioneering the development of marine automation, support electronic equipment for marine use and propulsion control systems. <http://www.sam-electronics.de/> (accessed May, 2011)
- Schneider Electric, provee de soluciones automatizadas para la gestión de la energía, desde la generación, el transporte, la distribución y hasta el consumo de la energía eléctrica. <http://www.schneiderelectric.es/> (accessed July, 2011)
- SIEMENS, products and systems in automation technology. <https://www.automation.siemens.com/> (accessed January, 2011)
- The Nacional Marine Electronics Association. <http://www.nmea.org/> (accessed June, 2011)
- Travinautic, instalaciones de electrónica náutica. <http://www.travinautic.com/> (accessed June, 2011)
- UPCommons, portal d'accés obert al coneixement de la upc. <http://upcommons.upc.edu/> (accessed July, 2011)
- Volvo Penta, fabricante mundiales de motores y sistemas de generación marítimas. <http://www.volvopenta.com/> (accessed June, 2011)
- Wikipedia, la enciclopedia libre. "Marine electronics" http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_electronics (accessed July, 2011)
- Wikitel, "Redes de datos". http://es.wikitel.info/wiki/Redes_de_datos (accessed June, 2011)